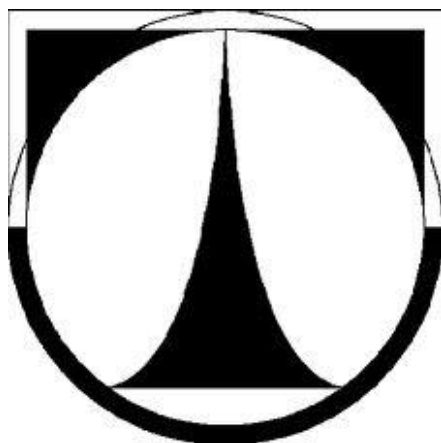


TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI

FAKULTA TEXTILNÍ

Katedra textilní chemie



Bakalářská práce

NANOČÁSTICE STŘÍBRA A JEJICH POUŽITÍ

SILVER NANOPARTICLES AND THEIR USE

Iva Bukvářová

Studijní program: B3107 TEXTIL

Studijní obor: 3106R 002 CHEMICKÁ TECHNOLOGIE TEXTILNÍ

Vedoucí bakalářské práce: Doc. Ing. Jakub Wiener, Ph.D.

Konzultant: Ing. Mária Průšová

Akademický rok 2011/2012

TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI

Fakulta textilní

Katedra textilní chemie

Školní rok: 2010/2011

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

pro **Ivu BUKVÁŘOVOU**

80

obor 3106R 002 Chemická technologie textilní

Vedoucí katedry Vám ve smyslu zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách určuje tuto bakalářskou práci:

Název tématu: **Nanočástice stříbra a jejich použití**

Zásady pro vypracování

- 1) Připravte rešerši na řešené téma
- 2) Elektrochemicky připravte v laboratorním měřítku nanočástice stříbra, pokuste se nanočástice stabilizovat v kapalně fázi
- 3) Připravené nanočástice aplikujte na textilní substráty
- 4) Otestujte změny vlastností textilií, zaměřte se zejména na změny barevnosti a působení proti růstu bakterií
- 5) Diskutujte výsledky

Rozsah grafických prací: -
Rozsah průvodní zprávy: cca 50 stran včetně obrázků a tabulek
Seznam odborné literatury:

- 1) Wiener, J., Průšová, M., Kryštůfek, J. Chemicko-textilné rozbor, TU Liberec 2008, ISBN 978-80-7372-338-5
- 2) Julák, J., Úvod do lékařské bakteriologie 2006, vyd. Univerzita Karlova v Praze, ISBN 80-246-1270-4
- 3) Pasquini, C.; Cortez, J.; Gonzaga, L. M. C.S.; Gonzaga, F. B., Laser Induced Breakdown Spectroscopy: Review, Campinas-SP: Instituto de Química, Universidade Estadual de Campinas, 2006. CP 6154 13084-971

Vedoucí bakalářské práce: doc. Ing. Jakub Wiener, Ph.D.
Konzultant: Ing. Mária Průšová

Zadání bakalářské práce: 01.10.2010
Termín odevzdání bakalářské práce: 02.05.2011



Vedoucí katedry

doc. Ing. Jakub Wiener, Ph.D.

Děkan

prof. RNDr. Aleš Linka, CSc.

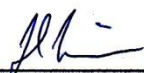
V Liberci dne 01.10.2010

Technická univerzita v Liberci
Fakulta textilní
Doc. Ing. Jakub Wiener, Ph.D.
Studentská 2
461 17 Liberec

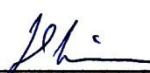
Iva Bukvářová
Na Zámecké 498
364 01 Toužim

Žádost

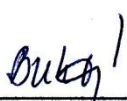
Žádám o prodloužení termínu bakalářské práce na téma „Nanočástice stříbra a jejich použití“ do června roku 2012. Vedoucí práce Doc. Ing. Jakub Wiener, Ph.D.



Doc. Ing. Jakub Wiener, Ph.D.
vedoucí katedry



Doc. Ing. Jakub Wiener, Ph.D.
vedoucí bakalářské práce



Iva Bukvářová
žadatelka

PROHLÁŠENÍ

Byla jsem seznámena s tím, že na mou bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, zejména § 60 – školní dílo.

Beru na vědomí, že Technická univerzita v Liberci (TUL) nezasahuje do mých autorských práv užitím mé bakalářské práce pro vnitřní potřebu TUL.

Svoji bakalářskou práci jsem vypracovala samostatně pouze s použitím pramenů a literatury uvedených v seznamu citované literatury, a na základě konzultací s vedoucím bakalářské práce a konzultantem.

V Liberci dne 8.května 2011

.....
Podpis

PODĚKOVÁNÍ

Děkuji tímto vedoucímu bakalářské práce Doc. Ing. Jakubu Wienerovi, Ph.D. za konzultace, cenné rady, podněty, připomínky a odbornou pomoc při zpracování bakalářské práce.

Dále Ing. Petru Parmovi a Ing. Jaroslavu Noskovi za využití přístrojů k analýzám.

Poděkování dále náleží mé rodině, která mě plně podporovala po celou dobu studia.

Obsah:

1. Úvod	11
2. Nano	13
2.1. Nano obecně	13
2.2. Dělení a příklady nano-objektů	14
2.3. Metody syntézy nanočástic	16
2.4. Nano stříbro, výroba a využití	18
2.5. Stříbrná nanokatalýza	19
2.6. Klasická příprava nanočástic stříbra	20
2.7. Negativní vlastnosti nanočástic	20
3. Použití nanočástic v textilním průmyslu	21
3.1. Nanosoly	22
3.2. Příprava nanosolu	23
3.3. Aplikace na textilní materiál	24
3.3.1. Fulár	24
3.3.2. Postřík	25
4. Experiment	26
4.1. Použité materiály a chemikálie	26
4.1.1. Hydroxid sodný	26
4.1.2. Peroxid vodíku	27
4.1.3. Heptanol	28
4.1.4. Alfonal K	29
4.1.5. Slovafo 909	29
4.1.6. Bavlněná tkanina	29
4.2. Metodika	30
4.2.1. Chemická elektrolýza	30
4.2.2. Spektrofotometrie	31
4.2.3. Analýza velikosti částic	33
4.2.4. Stanovení koncentrace stříbra	35
4.2.5. Antimikrobiální vlastnosti testovaných vzorků	38
4.3. Výsledky a diskuze	40
4.3.1. Spektrofotometrie	40

4.3.2.	Vlastnosti roztoku po přidání hydroxidu sodného a peroxidu vodíku.....	41
4.3.3.	Koncentrace hydroxidu sodného, vliv na chemickou elektrolýzu.....	42
4.3.4.	Pokus o stabilizaci roztoku.....	44
4.3.5.	Analýza velikosti částic.....	45
4.3.6.	Stanovení koncentrace stříbra.....	47
4.3.7.	Antimikrobiální úprava.....	49
5.	Závěr.....	50
6.	Použitá literatura.....	51
7.	Příloha.....	53

Anotace

V současné době existuje celá řada metod přípravy nanočástic stříbra. Tyto částice mohou být připravovány fotochemicky, elektrochemicky nebo také metodou redukce, dále vakuovými metodami a tak podobně. Jednou z možností přípravy nanočástic stříbra je nízkoproudá elektrolýza se dvěma stříbrnými elektrodami ponořenými v destilované vodě, která byla použita i v této studii. Touto cestou lze získat koloidní roztok nanočástic stříbra. Velikost částic v takto získaném roztoku je však velmi variabilní. Cílem experimentů bylo optimalizovat proces tak, aby se velikost vyprodukovaných částic pohybovala v určitém rozpětí - tedy získat stejnoměrně velké nanočástice stříbra. Tohoto cíle bylo dosaženo přidáváním různých chemikálií (např. NaOH) do elektrolytu. Velikost částic ve vzniklém koloidním roztoku byla detekována pomocí UV-VIS spektroskopie (bylo měřeno barevné spektrum v závislosti na čase, protože koloidní roztok není stabilní) a měřením Zeta potenciálu přístrojem Zetasizer. Nejlepším výsledkem optimalizace byl roztok nanočástic stříbra s velikostí částic v rozmezí od 10 nm do 80 nm. Připravené nanočástice stříbra byly rovněž aplikovány na textilní materiál. Množství stříbra bylo zjišťováno pomocí ICP (Inductively Coupled Plasma). Vzhledem k tomu, že antibakteriální vlastnosti stříbra jsou všeobecně známy a v dnešní době je stříbro velmi často užíváno v textilním průmyslu právě díky této vlastnosti, byly na závěr testovány i antibakteriální vlastnosti připravených textilních vzorků.

Klíčová slova: stříbro, nanočástice, velikost částic

Annotation

Currently, there are many methods for the preparation of silver nanoparticles. These particles can be prepared photochemically, electrochemically, or by reduction, followed by vacuum methods and so on. One possibility is the preparation of silver nanoparticles by electrolysis with two silver electrodes immersed in distilled water that was used in this study. This way you can get a colloidal solution of silver nanoparticles. The size of particles in the solution thus obtained is very variable. The aim of the experiments was to optimize the process so that the size of the produced particles moving in a certain range - which is to obtain equally large silver nanoparticles. This was achieved by adding various chemicals (eg NaOH) to the electrolyte. Particle size in the resulting colloidal solution was detected using UV-VIS spectroscopy (color spectrum was measured in relation to time, because Colloidal solution is not stable) and Zeta potential measurement apparatus Zetasizer. The best result of optimization of the solution of silver nanoparticles with particle sizes ranging from 10 nm to 80 nm. The prepared silver nanoparticles were also applied to the textile material. The amount of silver in was determined by ICP (inductively Coupled Plasma). Given that the antibacterial properties of silver are well known and today silver is often used in the textile industry, thanks to this property, were also tested at the end of the antibacterial properties of the prepared textile samples.

Keywords: silver, nanoparticles, particle size

1. Úvod

Pro mou bakalářskou práci jsem si vybrala poměrně nové, zajímavé a diskutované téma “nanočástice” se zaměřením na stříbro. Důvodem jsou unikátní vlastnosti samotného stříbra a nanočástic, které sami o sobě mají specifické znaky zaměstnávající vědce na celém světě. Jsem si vědoma toho, že používaný název „roztoky“, není v pravém slova smyslu. Vždy se jedná o koloidní roztok, stříbro v destilované vodě.

Nanotechnologie stále častěji pronikají svými produkty do běžného života a zlepšují nám ho. Jsou novým přístupem k pochopení a zvládnutí vlastností v nanoměřítku. Nejde v tomto případě o úsporu materiálu a energie. Důvodem je uplatnění unikátních rysů hmoty rozptýlené do částecek. S jejich pomocí lze realizovat procesy neuskutečnitelné jinými prostředky.

„nano“ vychází z řeckého „nanos“ nebo „nannos“, což znamená malý starý muž nebo též trpaslík. Množství nanočástic se obvykle udává v ppm (parts per million), tj. v roztocích 1mg použitého prvku na 1kg vody. [1]

Nanotechnologie má skutečný vliv na společnost a ekonomiku. Využití nanotechnologií a nanomateriálů je velmi rozsáhlé. V současnosti nalézají uplatnění v mnoha oblastech běžného života jako *elektronika* (paměťová média), *zdravotnictví* (cílená doprava léčiv, umělé chlopně, klouby, náhrada tkání, desinfekční roztoky nové generace, ochranné roušky, výroba léků, kosmetické přípravky), *strojírenství* (supertvrdé povrchy s nízkým třením, samočisticí nepoškrabatelné laky), *stavebnictví* (nové izolační materiály, samočisticí fasády, nátěrové hmoty odolné vůči korozi, povětrnostním vlivům, stárnutí, zvýšené teplotě, různým roztokům a rozpouštědlům), *chemický průmysl* (nanotrubice, nanokompozity, aerogely), *textilní průmysl* (úpravy povrchu textilií, podrobněji viz.), *elektrotechnický průmysl* (vysokokapacitní záznamová média, fotomateriál, palivové články), *optický průmysl* (optické filtry, integrovaná optika), *kosmický průmysl* (katalyzátory, odolné povrchy satelitů), *vojenský průmysl* (nanosenzory, konstrukční prvky raketoplánů), *životní prostředí* (odstraňování nečistot, biodegradace, značkování potravin), *gumárenský průmysl* (hadice, řemeny, pryžové kabely, barvy), *potravinářský průmysl* (např.: dokážou změnit barvu po vypršení lhůty spotřeby). [1, 2]

Stříbro je považováno za jeden z ceněných kovů. Dostalo se do středu zájmu v mnoha směrech. Jako kujný kov, s úžasným leskem, přitahovalo pozornost od dávnověku. Sloužilo jako materiál na šperky, vázy, talíře apod. Díky jedné ze svých nejdůležitějších vlastností, tou je oligodynamie, tj. schopnost zabíjet živé organismy, se voda ve stříbrných nádobách nekazila a zachovávala si příjemnou chuť. Následovalo zjištění, že soli stříbra mají desinfekční účinky, např. se malým dětem při zánětech očí kapal velmi zředěný roztok dusičnanu stříbrného. [1, 2]

Dalším významným použitím stříbra bylo zdobení skla. To můžeme považovat za prehistorii nanotechnologií. Skláři pro dosažení barevných efektů používaly rozdrcené kovy a jiné látky. Zejména zlato, stříbro, zinek, kadmium, síru a selen. V nedávných výzkumech se ukázalo, že mezi nimi byly i částice v rozměrech nanometru, které způsobovaly unikátní barevnost skel. Není již známo, jakou technologii výroby skláři použili. [1, 2]

Zřejmě prvním nanostrukturním filmem vyráběným člověkem, je výsledek analýzy glazované keramiky z 13. - 16. Století. Kde lesk vyvolává dekorativní kovový film o tloušťce 200 – 500 nm, obsahující stříbrné nanokrystaly, přičemž ve vnější vrstvě filmu o tloušťce 10 – 20 nm se kov nenachází. Jiným příkladem splňujícím zařazení mezi nanomateriály je glazura renesanční keramiky z italské Umbrie. Obsahující částice stříbra a mědi o průměru 5 – 100 nm. Kovové nanočástice odrážejí světlo ze svého povrchu bez toho, že by jej rozptylovaly. Výsledkem je jedinečný metalizový efekt. [3]

Později se zjistilo, že stříbro dobře vede teplo a elektřinu. A tak se začali stříbřit kontakty v přístrojích. Stříbro rychle reaguje s látkami obsahujícími síru za vzniku černé sloučeniny. Tím byly kontakty znehodnoceny a stříbro nahrazeno zlatem nebo platinou. Jinde svou pozici neztratilo. [1]

S nástupem moderních farmaceutických výrobků, zvláště antibiotik, zájem o stříbro zmizel. Ukazuje se, že antibiotika nejsou všemocná a jejich výroba je stále obtížnější a dražší. Nástup nanotechnologií přináší nový zájem o stříbro. Výzkumy po celém světě ukazují, že nanostříbro vykazuje mimořádnou aktivitu vůči mikroorganismům, houbám a rychle reagují s některými chemickými látkami. [1]

V roce 1861 jako první popsal suspenzi obsahující částice o rozměrech 1 – 100 nm Thomas Graham, britský chemik a nazval ji koloidním systémem. Zejména na přelomu 19.–20. století byly koloidní systémy intenzivně studovány významnými vědci, např. Maxwellem a Einsteinem. Později vznikl nový obor koloidní chemie. Metody přípravy a chemické modifikace nanočástic jsou intenzivně rozvíjeny a využívány. Postupy, které kombinují poznatky z chemie, fyziky nebo biologie, lze řídit tvar a velikost připravovaných nanočástic a dosahovat ojedinělých vlastností připravených materiálů. [3]

Velmi známým příkladem nanomateriálu jsou saze, které se vyrábějí nedokonalým spalováním organických látek bohatých na uhlík. Průmyslová výroba sazí je stará více než 100let. Částice amorfního uhlíku jsou velké 10 – 500 nm. Přibližně 90% vyrobených sazí se používá v gumárenském průmyslu a pro výrobu technické pryže. [3]

2. NANO

2.1. Nano obecně

Nano podle definice, představuje velikost 10^{-9} m, kde alespoň jeden rozměr má rozsah v nanometrech. [4]

Nanočástice se za poslední desetiletí vyvinuly v samostatnou třídu materiálů. [6]

Fyzikální a chemické vlastnosti nanostruktur se výrazně liší od jediného atomu (případně molekuly) a věcí se stejným chemickým složením. Nanostruktury tvoří most mezi molekulami a hromadnými nekonečnými systémy. Všechny fyzikální a chemické zákony v nano světě sice platí i nadále, jejich vliv se však uplatňuje v nezvyklých poměrech. Příkladem je gravitace, která se v nano měřítku stává zanedbatelnou vůči působení mezimolekulárních interakcí. Dalšími rozdíly jsou struktury a tvary, fázové změny, energetika, elektronická struktura, chemická reaktivita a katalytické vlastnosti velkých konečných systémů a jejich sestavy. [7]

Vhodná kontrola vlastností a reakcí nanostruktur může vést k novým zařízením a technologiím. [4]

2.2. Dělení a příklady nano-objektů

Dělení podle prvků, za kterých se skládají

uhlíkové

kovové

smíšené – nanočástice, které se skládají z atomů různých prvků

Dělení na základě morfologického hlediska (podle tvaru nanočástic)

sférické – jsou složeny z malého počtu atomů

nesférické – nanočástice s hladkou plochou

nanotrubičky

- duté trubičky s průměrem pod 1nm a délkou několik mm
- otevřené nebo uzavřené
- jedna či více stěn (SWNTs nebo MWNTs)
- výborné vodiče tepla a elektřiny
- výborné mechanické vlastnosti
- polovodičové součástky
- vysoká kapacita pro molekulární absorpci [5]



Obr. 1 nanotrubičky [5]

fullereny – často jsou řazeny do skupiny sférických, od ostatních sférických však splňují Eulerův výstavbový princip a skládají se z většího počtu atomů 13.

- sférický tvar tvořený 28 – 100 uhlíkovými atomy
- materiály extrémně odolné tlaku
- lubrikanty
- záměna uhlíku za dusík – extrémní tvrdost při zachování pevnosti
- potenciální využití – katalyzátory, elektronika
- transport léčiv na místo účinku [5]



Obr. 2 Fulleren [5]

Biologické nano-objekty

DNA – průměr 2 - 12nm

virus ebola – délka 1000nm, průměr 50nm

bakterie – průměr 30 - 10 000nm

červená krvinka – průměr 5 000nm

lidský vlas – průměr 10 - 50 000nm

HIV virus – délka - 100 nm [5]

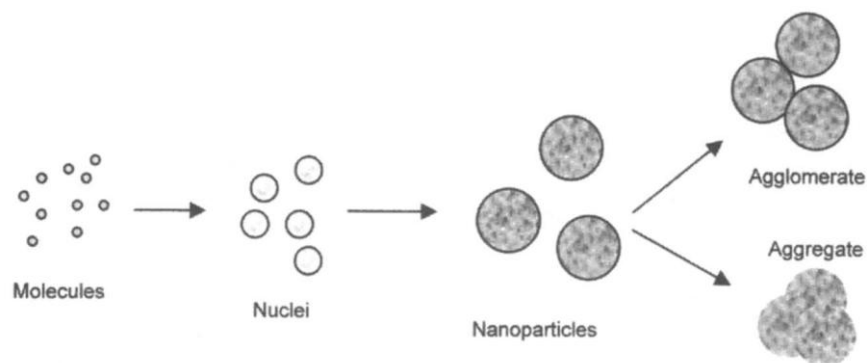
Nanostruktura	Velikost	Materiál
Klastry, nanokrystaly, kvantové tečky	Radius 1-10 nm	Izolanty, polovodiče, kovy, magnetické materiály
Ostatní nanočástice	Radius 1-100 nm	Keramické oxidy
Biologické nanomateriály, fotosyntéza	Radius 5-10 nm	Membránový protein
Nanodrátky	Průměr 1-100nm	Kovy, polovodiče, oxidy, sulfidy, nitridy
Nanotrubičky	Průměr 1-100nm	Karbon, vrstvené chalkogenidy (prvky VI.A = O, S, Se, Te, Po)
Nanobuňky	Průměr 5nm	DNA
Dvourozměrné pole nanočástic	Prostor, několik nm ² -μm ²	Kovy, polovodiče, magnetické materiály
Povrchů a tenkých vrstev	Tloušťka, 1-100nm	Izolanty, polovodiče, kovy, DNA
Trojrozměrné supermřížky nanočástic	Několik nm v trojrozměru	Kovy, polovodiče, magnetické materiály

Tab. č. 1: Nanostruktury a jejich sestavy [4]

2.3. Metody syntézy nanočástic

Nanočástice mohou být syntetizovány různými metodami plyn, kapalina nebo pevná fáze procesu. Patří sem procesy v plynné fázi z plamene pyrolýzy, vysoká teplota odpařování, a plazmová syntéza, microwave ozáření; fyzikální a chemické dispozice v parní fázi syntézy, metody koloidní nebo kapalně fáze, které vedou chemické reakce v rozpouštědlech ke vzniku koloidů, molekulární samočinné sestavení, a mechanické procesy mletí včetně broušení, frézování a legování. [7]

Plynné přístupy fáze syntézy jsou založeny na homogenní nukleaci přesycených par částic a následný růst kondenzace, koagulace a zachycení (obr.3). Přesycení je dosaženo chlazením nebo chemickou reakcí nebo kombinací těchto dvou. [7]



Obr. č. 3: růst kondenzace, koagulace a zachycení [7]

Koloidní metody jsou založeny na srážkách procesů v řešení. Například mísení různých iontů za kontrolovaných podmínek. Teplota a tlak tvoří nerozpustné sraženiny. Řízením nukleace a rostoucí kinetika může produkovat částice různých velikostí a morfologie. Široká škála kovů, oxidu kovů a organických nanočástic jsou vyrobeny koloidní mokrou chemickou metodou. [7]

Vlastní molekulární způsob montáže je spontánní proces, při kterém jsou nanočástice tvořeny od molekul. Výhodou této metody výroby termodynamicky stabilních částic, jejichž velikost a tvar může být řízen volbou blokového kopolymeru (typ, blok složení a molekulová hmotnost) a výběr z rozpouštědel a samočinného sestavení podmínek. [7]

Kromě metod syntézy nanočástic v plynu nebo kapalně fázi, je také možné použít pevné podklady jako nukleární heterogenní lokality na vybudování nanočástic na rozhraní pevný- kapalný. [7]

Všechny výše uvedené syntézy metod začínají na molekulární úrovni a budují nebo tvoří nanočástice. [7]

Naopak, mechanické mlecí metody, jako je broušení a frézování byly také za využity k tvoření nanočástic. Tyto tradiční metody slouží k výrobě jemných částic z minerálů, jako je jíla, uhlí a kovy. [7]

2.4. Nano stříbro a jeho využití a výroba

V posledním desetiletí je dána velká pozornost kovovým nanočásticím na základě jejich jedinečných optických a elektronických, magnetických a katalytických vlastností. V rámci elektrochemie, a zejména elektroanalýzy kovů jsou aktivně využívány modifikace elektrod jako funkčních nanomateriálů. [8]

Katalýza nanočástic rychle roste. Využívá se nanočástic jako katalyzátorů pro různé organické a anorganické reakce. Přestože aplikace nanotechnologií katalyzátorů má dlouhou historii v průmyslu, schopnost připravit katalyzátory v řádech nanometrů a zkoumat kontrolovaným způsobem související jevy se vyvinula v posledních letech. [9]

Stříbro v čistém stavu má nejvyšší tepelnou a elektrickou vodivost, je velmi stabilní na vzduchu a ve vodě, a je hojnější než zlato. Proto je na použití z kovů nejlepší, a tak stříbrné nanočástice mnohem více usnadňují přenos elektronů, než dokážou nanočástice zlata. Stříbro se velmi ochotně naváže, a tím tyto skupiny zablokuje, na skupiny obsahující síru, fosfát a další. Tím se mění molekulární struktura makromolekuly a následně její funkčnost v buňce. Stříbro dále ovlivňuje buněčné funkce jako je tvorba buněčné stěny, membránový transport, genetický materiál buňky, prostorové uspořádání bílkovin a další. Bez těchto schopností je mikroorganismus zmrzačen a hyne. Stříbro bylo nejintenzivněji studováno, a to především k široké škále aplikací. Může se prezentovat mnoho možností s ohledem na technické aplikace. Mezi tyto vlastnosti patří tvar a velikost, závislé na optických, elektronických a chemických vlastnostech. [9, 10]

Máme dva obecné vzory pro přípravu nanomateriálů, a to „*shora dolů*“ (tj. montáž molekulárních složek, kde se každá nanostrukturovaná složka stává součástí superstruktury) a „*zdola nahoru*“ (tzv. miniaturizace prvků). Přípravy vyznačují se poškozením výchozích surovin (elektrod) jsou klasifikovány jako „*shora dolů*“. Zatím co ty, které jsou sestaveny z atomových nebo molekulárních výchozích materiálů se označují „*zdola nahoru*“. Chemické postupy, jako je snížení alkoholu, vodíkové snížení a snížení borohydridu sodného, byly v minulosti uznány jako nejběžnější metody pro syntézu koloidních částic kovů. Jiné metody jako je elektrochemické, fotochemické a sonochemické snížení, byly také používány, ale v menší míře. Mnoho různých stabilizátorů bylo použito jako uzavírací prostředky pro syntézu koloidních kovových nanokatalyzátorů, včetně polymerů, dendrimerů, blokových kopolymerů micel a povrchově aktivních látek.

Podporované kovové nanokatalyzátory byly připraveny k adsorpci koloidních kovových nanokatalyzátorů. Přípravky na podporu nebo roubování nanočástic mohou být vyrobeny litograficky pomocí elektronové litografie. [4, 9]

2.5. Stříbrná nanokatalýza

Při použití výše popsané metody, stříbrné materiály s nulou-, jedno- nebo dvou-rozměrovou nanostrukturou, včetně monodisperze nanočástic, nanodrátků, nanodisků, nanohranolů, nanodesek a nanokostek, byly všechny připraveny a uznány jako velký potenciál pro aplikace v optice, katalýze a dalších oblastech. [9]

Stříbrné katalyzátory

Stříbro je považováno za téměř jedinečně účinný katalyzátor. Ten má poměrně vysokou aktivitu pro selektivní oxidaci CO i při nízkých teplotách. Stříbrné katalyzátory byly deaktivovány předčištěním v H_2 při vysokých teplotách a zároveň aktivovány působením kyslíku za vysokých teplot. Ionty stříbra, které jsou v roztoku elektrochemicky sníženy na elektrody substrátu, tvoří buď koloidní nanočástice nebo jsou rozptýlené. Zajímavé, že tyto změny v činnosti byly většinou vratné. Stříbrné částice se masivně mění, pokud byly předupraveny nebo existuje při vysokých teplotách pod povrchem kyslík. [9, 10]

Katalyzátory ze slitiny zlato-stříbro

Nedávné pokroky v polymeru elektrolytických membránových palivových článků motivují k hledání vysoce účinných katalyzátorů pro selektivní oxidaci při nízkých teplotách. Kombinace kovů ve formě slitin. Vyrábí se katalyzátory pro CO reakce, které se skládají z jádra a obalu. Na povrchy se používají Pt, Pd, Rh, Ru, Au, Ag, Cu, Co, Fe, V, Ga s podporou například zeolitu, Al_2O_3 , SiO_2 a aktivního uhlí. Jedním z alternativních katalyzátorů je slitina zlato-stříbrných nanočástic na MCM-41, které prokázaly mimořádně vysokou katalytickou aktivitu srovnatelnou s nejvíce aktivními katalyzátory jako Au/TiO_2 a Au/Fe_2O_3 . Legování Au a Ag ukázalo silný synergický efekt v propagaci nízkoteplotní oxidace CO. Rozhodující závislost je na poměru Ag. [9]

2.6. Klasická příprava nanočástic stříbra

Postup dle Creightona, Blatchforda a Albrechta vychází z redukce AgNO_3 silným redukčním činidlem (NaBH_4) ve vodném prostředí. Touto metodou lze připravit několik měsíců stabilní disperzi stříbra s velmi malými částicemi (5-20 nm). Stříbrné částice připravené borohydridovou redukcí nejsou ovšem vždy vhodné pro následné aplikace, zejména díky borátovému aniontu adsorbovanému na jejich povrchu. V takových případech se osvědčuje druhý z klasických redukčních postupů podle Lee a Meisela, používajícím mírnější redukční činidlo – citrátový anion, který zároveň stabilizuje vznikající nanočástice stříbra. V tomto případě vznikají výrazně větší a polydisperznější nanočástice stříbra než u borohydridové redukce. Jejich velikost se pohybuje v rozmezí 30 až 120 nm. [11, 12]

2.7. Negativní vlastnosti nanočástic

Není jisté, zda jsou nanočástice zcela a bezvýhradně bezpečné. Do lidského těla mohou proniknout dýcháním, v jídle nebo přes kůži a rozšířit se pomocí krevního oběhu. Záleží na tom, o jaký materiál jde (ve smyslu prvku či sloučenin), jak velké jsou nanočástice, zda jde o trvalou expozici nebo jen nahodilou a který lidský orgán bude primárním místem expozice.

Díky velikosti se dostanou do míst lidského těla, která jsou od přírody různými způsoby chráněna. Například cévy v mozku jsou chráněny ne jednou, ale dvojí řadou buněk. Pokud těleso, nebo spíše částice pronikne skrze vnitřní buňky, vnější strana je zaručeně zachytí, to však neplatí u nanočástic stříbra. Ty jsou schopny projít do nitra mozku. Může to být výhoda, při dopravování léčiv na určené místo. Není však potvrzeno, zda se větší množství nanosených částic stříbra v jednom místě nebude shlukovat a začne se chovat podobně jako vlákna azbestu. Ta se usazují v těle i po několik desítek let a působí karcinogenně.

Jinak jsou výsledky rozporuplné. Jedna zpráva říká, že se nanočástice stříbra mohou dostat do mozku a škodit. Jiná zpráva dokládá pozitivní vliv komplexu nanostříbra při léčbě pneumonie. Existuje několik mikroorganismů zcela rezistentních k antibiotikům, nejznámější je MRSA, methycilin rezistentní zlatý stafylokok. Nanostříbro jej likviduje

spolehlivě. Co je za jistých podmínek lékem, může být za jiných okolností pro buňky toxické. Nanočástice stříbra jsou schopny proniknout do míst, kam částice větších rozměrů neproniknou. Nebo mohou porušit buněčné membrány.

Už před několika lety se objevily zprávy o škodlivosti určitých druhů nanočástic u ryb, myši nebo žab. Zpravidla šlo o některé kovy či oxidy kovů, někdy o uhlíkové nanotrubičky. Nanotrubičky uhlíku jsou zatím jediným produktem, kde je velmi silné podezření ze škodlivosti, jelikož se chovají podobně jako vlákna azbestu. Škodlivost zřejmě závisí na rozměrech a tvarech nanočástic. Ve většině průmyslových výrobků jsou nanočástice zapouzdřeny či jinak izolovány. Při jejich styku se živou tkání je však složité předpovědět, co se stane.

Pravděpodobně se prvními oběťmi nanočástic možná staly dvě čínské dělnice. Ženy používaly k malování stříkáci pistole s barvou, která obsahovala nanočástice. Pohybovaly se při tom v nevětrané místnosti a nepoužívaly masky. Během asi dvou let se u nich objevily příznaky poškození plic, na které nakonec zemřely. V dutinách kolem jejich plic bylo nalezeno zvýšené množství kapaliny. V plicní tkáni byly také nalezeny nanočástice o rozměru kolem 30 nanometrů, které se nacházely i v barvě.

3. Použití nanočástic v textilním průmyslu

Textilní materiály jsou materiály pro každodenní použití. Po tisíciletí používáme oblečení, aby nás chránilo před povětrnostními vlivy, zachovalo nás v teple a suchu. Koberce, další z oborů textilu, nenutí nás chodit po studené podlaze, absorbují hluk, zdobí místnosti. [13]

Lze konstatovat, že výroba textilu je velmi tradiční obchod. Kromě tradičních textilních aplikací je velmi důležitý růst části textilního průmyslu. Technické textilie používá každý, ačkoliv ne každý si jich všimne. Jejich část je srovnatelná s konfekčními textiliemi. Příkladem technických textilií jsou bezpečnostní pásy, airbagy, neprůstřelné vesty, komponenty do aut a letadel, v lékařství jako implantáty a jejich uplatnění stále roste. [13]

Textilní materiál nabízí celou řadu výhod, které z něj dělají zásadní materiál pro použití. Může mít tisíce různých podob – být flexibilní, stejně jako nepružný, vykazující propustnost vzduchu, páry a kapaliny v kombinaci s pevností v tahu a nízkou hmotností, mohou být velkoplošné a současně lehké. [13]

Do počátku 20. století byl textilní průmysl založen na vláknech ze zvířat a rostlin. Se vzestupem syntetických vláken se stala tato vlákna pro textilní průmysl důležitějšími. Poptávka po nových materiálech a materiálech s novými a kombinovanými vlastnostmi je ohromná. Z tohoto důvodu je povrchová úprava vláken důležitým tématem výzkumu na celém světě. [13]

Existuje mnoho klasických technik, které se používají již desítky let. [13]

Nanotechnologie v textilním průmyslu umožňují vytvořit úplety či tkaniny, které vykazují revoluční vlastnosti: není nutné žehlit, nešpinivá úprava, resistantní vůči vodě, olejům a kyselinám. [13]

3.1. NANOSOLY

Nanosol je koloidní roztok částic velikosti nanometrů kovových oxidů ve vodných nebo organických rozpouštědlech. Vzhledem ke své malé velikosti a velmi vysoké povrchové ploše jsou téměř rovnovážné. Například po odpaření rozpouštědla vytváří trojrozměrné sítě. Nanosol částice vykazují průměr v rozsahu několika nanometrů až po 100nm, přičemž povlaky tvořené nanosoly mohou dosáhnout tloušťky až několik stovek nanometrů. Stupnice povlaků nanosolů proto pokrývají širokou škálu konstrukčních prvků, a to od molekul až po tří-dimenzionální struktury. Nanosol povlak je vhodným nástrojem pro úpravu velkého množství materiálů, jako sklo, papír, syntetické polymery, dřevo, kov a samozřejmě textil. Velkým měřítkem v textilu jsou nanovlákna. [13]

3.2. Příprava nanosolu

Nanosol nátěry jsou obvykle připraveny sol-gel procesem. Tento proces může být rozdělen do tří kroků: tvoření nanosolu hydrolýzou z výchozí látky, následnou kondenzací povlaku a sušením nebo vytvrzováním. Výchozími látkami jsou anorganické soli kovů nebo kovových organických sloučenin. Hydrolýza tyto látky transformuje do odpovídajících hydroxidů. Ty jsou většinou vyšší koncentrací nestabilní a mají tendenci kondenzovat. Kondenzační reakce vedou ke vzniku částic s velikostí v rozsahu nanometrů. Podmínky, např. rozpouštědla, pH, teplota, koncentrace, určují vývoj částic i jejich velikost. Hydrolýzu je možné provádět za kyselých i alkalických podmínek. [13]

Nanosol je tekutina obsahující nanočástice. Lze ji snadno aplikovat na četné podklady, které vytvoří hustou vrstvu po odpaření rozpouštědla. Jak již bylo řečeno, nanosol je nestabilní. Agregace vede k gelaci nebo k vysrážení oxidů kovů. V obou případech lze nanosol použít jen jako povrchový materiál. Stabilita je ovlivněna mnoha parametry: druh částic a rozpouštědla, pH, množství vody, pevných látek, přítomnost solí a stabilita nanosolu. Některé nanosoly jsou stabilní několik let, zatímco některé jen několik minut nebo dokonce sekund. Dosáhnout stability lze ředěním nanosolů s etanolem nebo jinými alkoholy, v některých případech vodou. Ředění s organicky modifikovanými silany může zvýšit skladovatelnost. Stárnutí má vliv na vlastnosti výsledných vrstev, především na tloušťku vrstvy, drsnost a pórovitost. [13]

Kromě výše popsaných nanosolů odvozených od kovových oxidů mohou být také připraveny hydrolýzou halogenidů kovů a jiných solí. Příkladem je příprava nanosolů oxidu hlinitého. [13]

Asi nejpříznivější křemičité nanosoly mohou být vyrobeny z vodných roztoků metasilikátů. Takové nanosoly počínaje oxidem křemičitým a uhličitánem sodným, které jsou smíchané v taveninu, tvoří silikáty sodíku. Tyto křemičitany lze rozpustit v teplé vodě nebo páře, tvoří vodní sklo. Iontovou výměnou může být z roztoku odstraněn sodík. Je tvořena kyselina. Vzhledem k již zmíněné nízké stabilitě kondenzuje kyselina vlhkost a následně vede k tvorbě koloidních částic oxidu křemičitého. Stabilizace těchto částic je zaručena tím, že se nastaví určité množství oxidu sodného. [13]

Mnoha způsoby lze dosáhnout nových nebo dodatečně funkčních vlastností. Tyto změny mohou být provedeny přidáním určité sloučeniny, buď před hydrolýzou nebo výrobou nanosolu. Existuje obrovské množství přísad. Na jedné straně monomolekulární

sloučeniny, jako jsou některé silany nebo jiné reaktivní monomery, barviva či jiné iontové sloučeniny. Na druhé straně mohou být přidány nízkomolekulární polymery, syntetické a přírodní polymery, polysiloxany nebo dokonce proteiny. V poslední době je vyhlášené vkládání živých buněk. [13]

Modifikace jsou definovány chemickými a fyzikálními změnami. Chemická úprava se provádí přísadami, které jsou schopné tvořit kovalentní vazby kovových částic oxidu během přípravného procesu. Tyto chemické modifikace mohou být výsledkem kondenzace různých typů kovových oxidů. Například z tetraethoxysilanu s jinými kovovými oxidy. Nejčastěji se používají kovy jako křemík, hliník, titan, zinek a zirkon. [13]

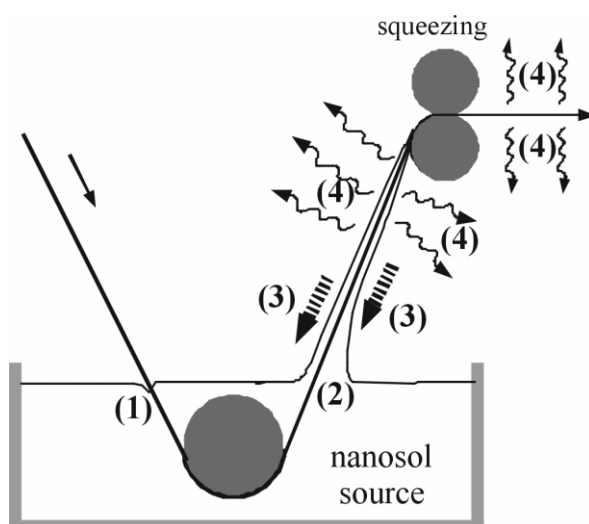
3.3. Aplikace na textilní materiál

Nanášení na textilní materiál může být prováděno konvenčními postupy: fulár, lití, postřik.

Nejjednodušší metoda nanášení je máčení textilního vzorku do nanosolu. Tkanina je na určitou dobu ponořena, vyjmuta a sušena (za klimatických podmínek nebo za zvýšené teploty v sušárně). [13]

3.3.1. Fulár:

Proces máčení, následuje stlačení.



Obr.4 Fulár: Průběh etap: (1) ponoření, (2) uložení, (3) odvodnění, (4) vypařování [13]

Odmačk je výhodný z několika důvodů. Množství lázně absorbované do textilie může být dramaticky omezeno. Odmačk je zárukou rovnoměrného rozložení nanoslu na celý výrobek. To je důležité zejména při zpracování nanoslu hydrofobních vláken, které vykazují srovnatelně nízkou smáčivost. Velké množství nanoslu může být nevýhodné z mnoha důvodů. Sníží se výrobní rychlost, zvýší energie, odpaří se více rozpouštědla, tím se zvýší jeho spotřeba, zvětší se tloušťka vrstvy a tím vlastnosti textilie. K dosažení určité tloušťky vrstvy je zapotřebí upravit buď koncentraci nanoslu nebo přítlak. [13]

3.3.2. Postřík:

Odpařování rozpouštědla nezačíná po jeho uložení na materiál, ale již po opuštění nanoslu sprejovací pistoli. Pevné látky a viskozita nanoslu by proto měla být před smočením textilie do jisté míry zvýšena. Porovnání s fulárováním, vzhledem k tomu, že není textilie zcela ponořena do nanoslu, je jiné. Nanosol lpí na přední straně textilie. Nástřík je výhodný z mnoha důvodů. Lze nastavit a snížit množství nanoslu na povrchu textilie. Při použití tenkých povlaků je možné docílit např.: úpravy textilie, kdy z jedné strany je hydrofobní úprava a z druhé hydrofilní. Používá se většinou na sportovní oblečení. Hydrofilní úprava se nosí na kůži, přepravuje vlhkost směrem ven, zatímco hydrofobní úprava vnější strany odpuzuje déšť. [13]

Finální úpravy: chemické, fyzikální, fyzikálně - chemické nebo mechanické postupy upravování textilních materiálů požadovaných vlastností.

Dělí se na:

- **OMAKOVÉ:** tj. měkčící, tužící, plnící
- **VZHLEDOVÉ:** tj. kalandrování, mandlování, lisování, dekatování, česání, postřihování, broušení
- **STABILIZAČNÍ:** kompresivní srážení, fixace, nesráživé, nemačkové, nežehlivé a Permanent – press úpravy, protižmolkové, antistatické, nešpinivé, antimikrobiální, protimolové, neplstivé

4. Experiment

4.1. Použité materiály a chemikálie

4.1.1. Hydroxid sodný NaOH

Lze jej popsat starými názvy kaustická soda nebo louh sodný.

Hydroxid sodný NaOH je bílá pevná látka. Prodávající se ve formě peciček, šupinek nebo mikroperlí.

Má silné žíravé účinky. Na rozdíl od kyselin, které leptají tkáň na povrchu, způsobuje hydroxid sodný hluboké poleptání (již při koncentraci 5% a více), které se špatně hojí. Je škodlivý pro životní prostředí, pro rostliny, zvířata (zvláště pro ryby a vodní organizmy), vody a půdu.

Hydroxid sodný je silně zásaditá anorganická látka. Ve vodě se štěpí na ionty:



Hydroxidové anionty OH^- způsobují zásaditou (alkalickou) reakci.

Hydroxid sodný je hygroskopický (má schopnost pohlcovat vlhkost).

Hydroxid sodný a jeho reakce

Je velmi reaktivní. Koroduje kovy (hliník, zinek, mosaz, cín). Reaguje s nimi za vzniku vodíku. Tím hrozí nebezpečí exploze. Při smíchání s kyselinami (kys. sírová, kys. octová, kys. dusičná, kys. chlorovodíková, kys. fluorovodíková) hrozí nebezpečí exotermní reakce, silného vývoje tepla a vystříknutí reakční směsi. Při směšování s vodou se musí dbát, aby příliš nevzrůstala teplota roztoku. Roztoky hydroxidu reagují snadno s různými redukujícími cukry (jako je např. fruktosa, galaktosa, maltosa, sušená syrovátka) za vzniku oxidu uhelnatého.

Použití hydroxidu sodného

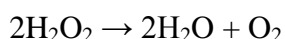
- čisticí prostředky - hydroxid sodný se používá k čištění zaneseného odpadu, na který už nestačí gumový zvon.
- v chemickém průmyslu - výroba mýdel a PAL, plastů a dalších sloučenin
- v metalurgickém a hutním průmyslu – odmašťovací prostředek, k odstraňování starých nátěrů
- základní chemikálie v chemické laboratoři- např. jako neutralizační činidlo, k úpravě pH
- v textilním průmyslu – např. při merceraci, s tuky reaguje za vzniku mýdel.
- k výrobě celulózy [14]

4.1.2. Peroxid vodíku H₂O₂

Peroxid vodíku patří k jednomu z nejsilnějších oxidačních činidel.

Obvykle se chová jako oxidační činidlo, ale je i celá řada reakcí, kde vystupuje jako redukční činidlo a vznikající kyslík je vlastně vedlejším produktem.

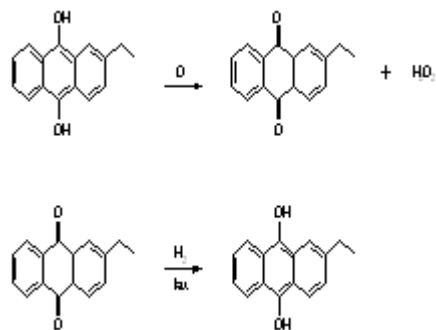
Peroxid vodíku se rozkládá na vodu a kyslík.



Rychlost rozkladu je dána teplotou, ale také jeho koncentrací, dále pak hodnotou pH roztoku a přítomností nečistot a stabilizátorů. Peroxid vodíku je nekompatibilní s celou řadou látek, které katalyzují jeho rozklad, jako jsou přechodné kovy a jejich sloučeniny. Vedle nich jsou dalšími katalyzátory rozkladu peroxidu vodíku i oxid manganatý (MnO) a stříbro. Rozklad probíhá snáze v bazickém prostředí, proto jsou kyseliny často přidávány jako stabilizátory. Uvolňování kyslíku a velkého množství energie při rozkladu peroxidu vodíku může mít fatální následky. Rozliti koncentrovaného peroxidu vodíku na hořlavém materiálu může vést k požáru, který je dále živěn vznikajícím kyslíkem.

Výroba peroxidu vodíku:

V současné době je peroxid vodíku prakticky výhradně vyráběn autooxidací 2-ethyl-9,10-dihydroanthracenu na 2-ethylanthrachinon vzdušným kyslíkem, při které vzniká peroxid vodíku. Vznikající 2-ethylanthrachinon je regenerován katalytickou hydrogenací.



Použití peroxidu vodíku:

- rafinování olejů
- těžební a metalurgický průmysl
- textilní průmysl
- výroba pitné vody
- chemický průmysl a průmysl umělých hmot
- potravinářský průmysl
- papírenský průmysl
- zpracování odpadních vod
- dezinfekce ran a kontaktních čoček - pro tuto aplikaci se prodává přibližně 3% roztok
- zesvětlování vlasů – zředěný asi 15 % roztok peroxidu vodíku je možné aplikovat jako zesvětlovač [15]

4.1.3. Heptanol

CAS n 111-70-6. Vzorec $CH_3(CH_2)_6OH$. Je čirá bezbarvá kapalina, která je velmi málo rozpustná ve vodě, ale mísitelná s etherem a etanolem. Existují tři další izomery heptanolu, které mají přímý řetězec, a liší se u umístěním OH skupiny (2-heptanol, 3-heptanol, a 4-heptanol). Pro svou vůni se používá v kosmetice. [16]

4.1.4. Alfonal K

CAS n 53988-42-4. Kondenzační produkt diethanolaminu s mastnými kyselinami (2:1). Je používán v tenzidových formulacích jako smáčedlo, zesilovač pění a stabilizátor pěny, jako změkčující a antistatická přísada, dotučňovadlo, jako fixativ parfému a solubilizační prostředek pro komponenty obtížně mísitelné s vodou, i jako účinný dispergátor a v/o i o/v emulgátor umocňující detergenční schopnost přípravku. Používá se do přípravků osobní hygieny a čistící kosmetiky. [17]

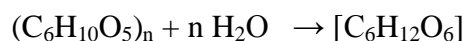
4.1.5. Slovafol 909

CAS n 127087-87-0 Alternativní název 4-Nonylfenol. Vzorec $C_{33}H_{60}O_{10}$. Čirá až žlutá kapalina, nejvíce se využívá v oblasti čištění a praní papíru. [18]

4.1.6. Bavlněná tkanina

Je nejrozšířenější vysokomolekulární látka na zemi.

Hydrolyza vede na glukózu



celulóza

hydrolyza

glukóza

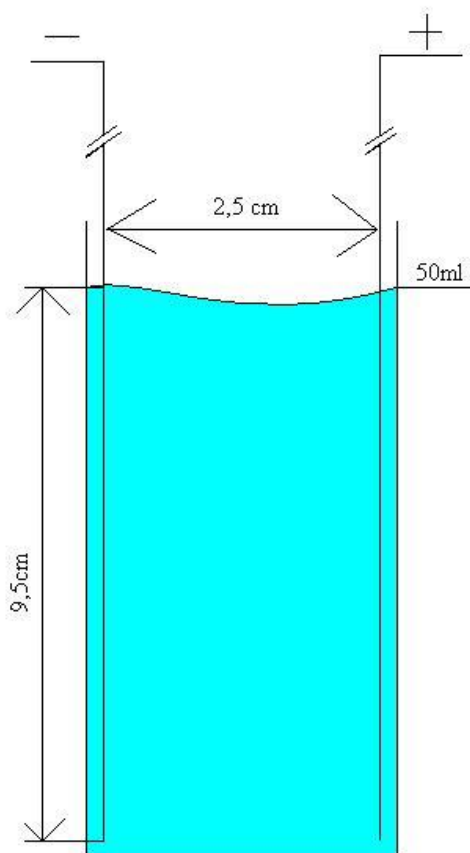
Použitým materiálem byla bavlněná tkanina, plátňové vazby P 1/1 s dostavou 1cm x 1cm. Osnovní příze OE s jemností 20 tex, útková příze OE s jemností 20 tex. Plošná hmotnost 80 g/m^2 . Její předpravou byla vyvářka, odšlichtování a bělení.

Vlastnosti: velká odolnost, mačkavost, výborná spřadatelnou, velmi dobrá barvitelnost, dobrá absorpce vlhkosti, příjemná na dotek [19]

4.2. Metodika

4.2.1. Chemická elektrolýza

K elektrolýze byly použity dva do vody ponořené dráty z ryzího stříbra, na které se nechal po určité době působit elektrický proud. Vodou procházející proud pozvolna narušoval povrch stříbrných drátů a ty se po mikroskopických částech do vody „rozpadaly“. Velikost stříbrných drátů: délka 190 mm a průměru 2 mm. Elektrolýza probíhala v destilované vodě. 95 mm elektrody bylo ponořeno. [20]

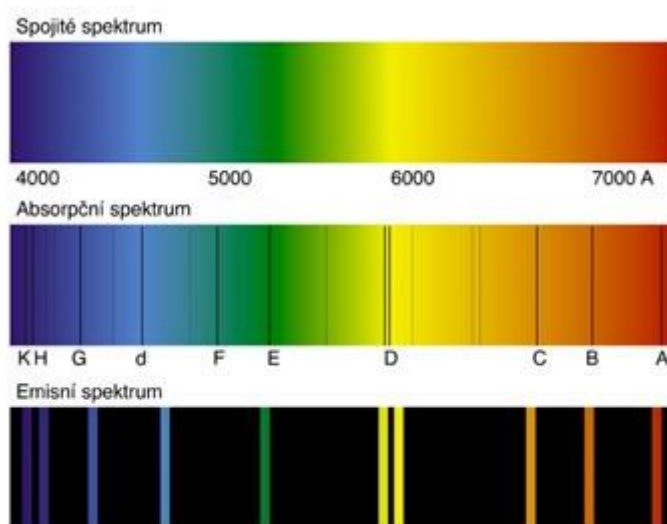


Obr. 5 Schéma elektrolýzy

4.2.2. Spektrofotometrie

Metody založené na absorpci elektromagnetického záření

Spektrofotometrie poskytuje údaje o interakci fotonů nejrůznějších energií se sledovanou látkou a umožňuje vyvozovat závěry jak o konstituci látky, tak o jejím kvantitativním zastoupení ve směsi. Měření je založeno na zkoumání absorpce záření ve vzorku při určitých vlnových délkách. [21]



Obr.6 Spektrum – spojité, absorpční a emisní [21]

Molekula sledované látky může být v různých energetických stavech, a to především v základním stavu s nejnižší energií, z něhož může přecházet do excitovaných energetických stavů s větším obsahem energie.[21]

Pro elektronové přechody jsou potřebné fotony ultrafialového a viditelného záření, pro vibračně- rotační přechody fotony infračerveného záření, pro rotační přechody fotony radiofrekvenčního krátkovlnného záření.[21]

Spektrofotometrie v ultrafialové a viditelné oblasti

Podstatou ultrafialové a viditelné spektrometrie je absorpce ultrafialového a viditelného záření (200 až 800 nm). Při absorpci dochází k excitaci valenčních elektronů, které jsou součástí molekulových orbitalů. [21]

Významnou úlohu má ultrafialová spektroskopie při posuzování povahy a rozsahu konjugace. Počet vazeb se totiž velmi citlivě odráží ve spektru, které informuje o rozsahu konjugace lépe než spektrum infračervené. [21]

Spektrofotometrické stanovení je založeno na přímé úměrnosti mezi absorbancí a koncentrací, obsažené v Lambertově-Beerově zákoně. [21]

Na většině spektrofotometrů lze odečíst hodnotu absorbance A definovanou LambertBeerovým zákonem, tj. záporně vzatý logaritmus poměru toků světla na vstupu (Φ_0) a výstupu (Φ) z měřeného prostoru.

$$A = -\log (\Phi_0 / \Phi) = \text{konstanta} \cdot c \text{ [21]}$$

Závislost transmitance či absorbance na vlnové délce (nebo na vlnočtu či frekvenci) nazýváme absorpční spektrum. Absorpční spektrum je tvořeno absorpčními pásy. Absorpční pás charakterizujeme polohou jeho maxima, molárním absorpčním koeficientem v maximu a tvarem. [21]

Při praktickém měření však zjistíme, že především při větších koncentracích dochází k odchylkám od předpokládané lineární závislosti $A = \text{konstanta} \cdot c$. Odchyly mohou být chemické nebo fyzikální (aparaturní) povahy. [21]

Kolorimetrie je nejstarší optická metoda. Spočívá ve vizuálním porovnávání intenzity zbarvení vzorku a standardu. [21]

Fotometrie spočívá v objektivním měření prošlého zářivého toku. K měření se používají buď jednodušší fotometry s filtry nebo spektrofotometry, které obsahují monochromátor. [21]

Ultrafialová a viditelná spektra se doplňkově využívají k identifikaci neznámé organické látky a řešení strukturních otázek porovnáním změřeného průběhu spektra se známými spektry. Měření absorbance hojně využíváme k určení koncentrace sloučenin pomocí kalibrační křivky. [21]

Spektrofotometrii v ultrafialové a viditelné oblasti (UV/VIS) lze tedy použít jednak v kvalitativní organické analýze, kdy absorpce v této oblasti je důkazem konjugovaného systému dvojných vazeb nebo přítomnosti některých

chromoforních skupin. Hlavní těžiště je ovšem v kvantitativní analýze, kdy z naměřené absorbance můžeme přímo zjistit rovnovážnou koncentraci určité složky. [21]

4.2.3. Analýza velikosti částic

Vzorky měřené na Zetasizer Nano

Přístroj Zetasizer

Veškeré měření velikosti koloidu stříbra ve vodné disperzi bylo prováděno na přístroji Zetasizer. Zetasizer Nano poskytuje možnost měřit tři charakteristiky částic nebo molekul v kapalném médiu. Jsou jimi velikost částic (Particle size), potenciál zeta (Zeta potential) a molekulová váha (Molecular weight). Použitím unikátní technologie se tyto parametry mohou měřit v širokém rozsahu koncentrací. [22]

Zetasizer má předem seřízenou optiku a programovatelné polohy pro měření, a přesnou regulaci teploty nutnou pro reprodukovatelná, opakovatelná a přesná měření. Navíc je obsaženo zařízení pro měření dalších klíčových parametrů, jako pH a koncentrace. [22]

Zetasizer byl konstruován tak, aby byl jednoduchý, a aby byl nutný minimální počet zásahů uživatele pro dosažení vynikajících výsledků. [22]

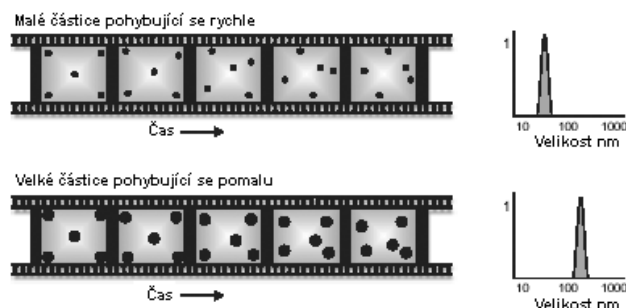
Měření velikosti částic

Velikost částice měřená na přístroji je průměr koule, která difunduje stejnou rychlostí, jak se částice měří. Zetasizer stanovuje **velikost** nejprve změřením **Brownova pohybu** částic ve vzorku s použitím dynamického rozptylu světla (**Dynamic Light Scattering - DLS**), a potom z toho interpretuje velikost s použitím tradičních teorií. [22]

Brownův pohyb je definován jako:

"Náhodný pohyb částic v kapalině, kvůli bombardování molekulami, které je obklopují".

Částice se v kapalině pohybují náhodně, a rychlost jejich pohybu se používá pro stanovení velikosti částice.

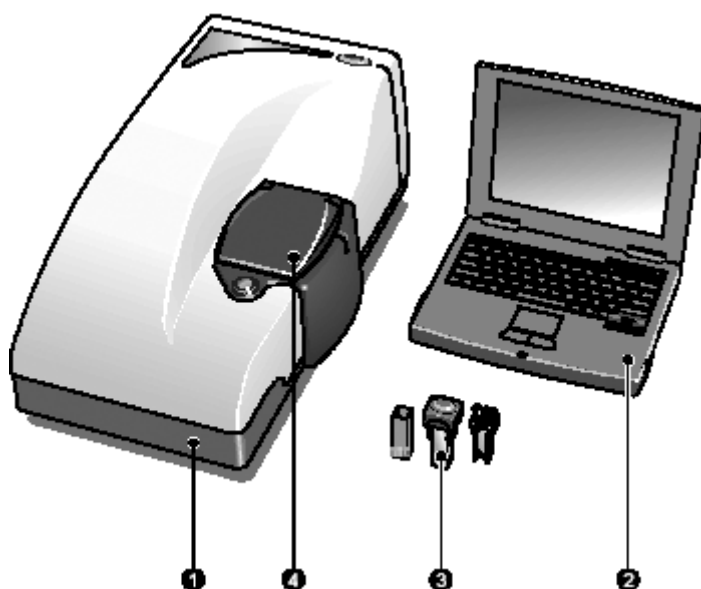


Obr. 7 Pohyb částic v závislosti na velikosti[22]

Je známo, že malé částice se v kapalině pohybují rychle, a velké částice se pohybují pomalu. Tento pohyb probíhá neustále, takže jestliže vezmeme dva „obrázky“ vzorku oddělené krátkým časovým intervalem, řekněme 100 μ s, můžeme vidět, o kolik se částice přesunula, a tudíž vypočítat, jak velká je. [22]

Jestliže došlo k minimálnímu pohybu a polohy částic jsou velmi podobné, pak budou částice ve vzorku velké; podobně, jestliže došlo k velkému pohybu a polohy částic jsou zcela rozdílné, pak částice ve vzorku jsou malé. S použitím těchto znalostí a vztahu mezi rychlostí difuze a velikostí se může stanovit velikost. [22]

Sestavení přístroje Zetasizer



Obr. 8 Přístroj Zetasizer (1) a počítač s nainstalovaným softwarem Zetasizer (2). Cella (3) je naplněná vzorkem a vložena do prostoru cely na horní části přístroje (4) [22]

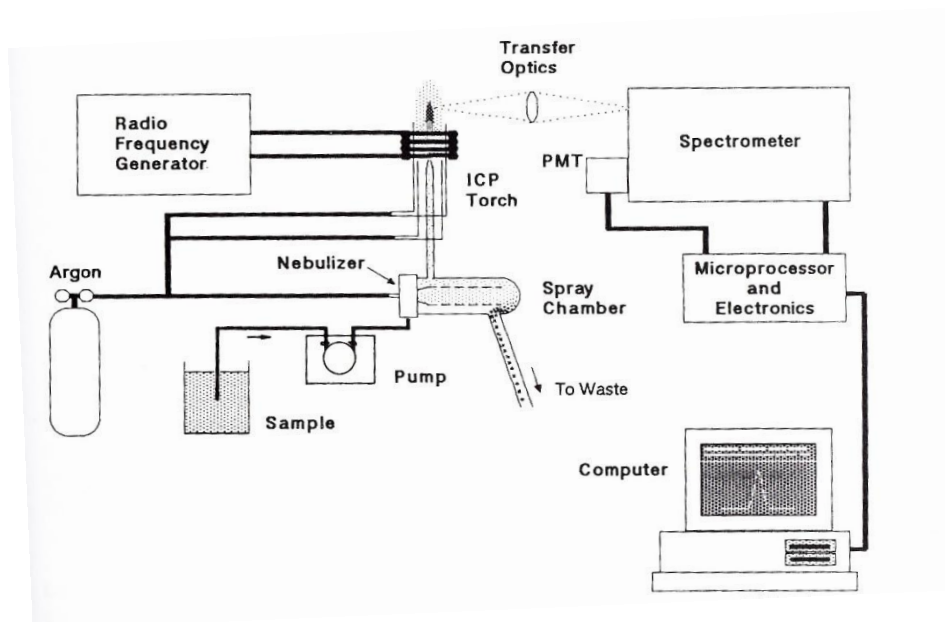
4.2.4. Stanovení koncentrace stříbra

Stanovení koncentrace stříbra v daných roztocích mělo být původně prováděno na rentgenové fluorescenci. Koncentrace však byla tak nízká, že ji tento přístroj nedetekoval, proto jsem se rozhodla stanovit koncentraci na ICP (Inductively Coupled Plasma).

Stejně jako fotometrické a spektrální metody je ICP metodou relativní. Je zapotřebí mít řadu standardů, s nimiž je vzorek porovnáván podle kalibračních křivek. Vždy je porovnáván signál vzorku se signálem známého standardu.

Do ICP se vnášejí zejména kapaliny nebo jemné suspenze. Pro analýzu pevného materiálu by součástí ICP musel být laser, který odpaří část pevné látky a vytvořené plyny jsou dále analyzovány. Tato technika se nazývá laserová ablace.

Vzorek po vnesení do plasmy, vlivem vysoké teploty prodělá řadu změn, nejprve dojde k vysušení drobných kapiček, potom dojde k rozbití chemických vazeb, následně dojde k atomizaci, částečně k ionizaci sledovaného prvku a k excitaci atomů a iontů. To je v horké části plasmy, kde je okolo 10 000 kelvinů. V chladnější části plasmy excitované ionty ztrácejí nadbytečnou energii, chtějí se jí zbavit, a vrátit se do svého základního stavu. Zbaví se jí ve formě vyzáření fotonů. Foton jakožto elektromagnetické záření, je světlo. Energie fotonu odpovídá energetickým poměrům přechodu elektronu při deexcitaci, tzn. v elektronovém obalu. Energetické poměry jsou různé pro různé prvky a samozřejmě jsou různé pro atom a iont téhož prvku. Každý atom může nabývat různých excitovaných stavů, z toho plyne, že každý prvek má celou řadu čar. Čára odpovídá energii přechodu. Měří se ve viditelné a ultrafialové oblasti.



Obr. 9 Popis přístroje [23]

radio frequency generator = vysokofrekvenční generátor

transfer optics = přenosová optika

ICP torch = hořák

nebulizer = nebulizer

pump = peristaltická pumpa

sample = vzorek

argon = nosný plyn, do kterého je vpravován vzorek

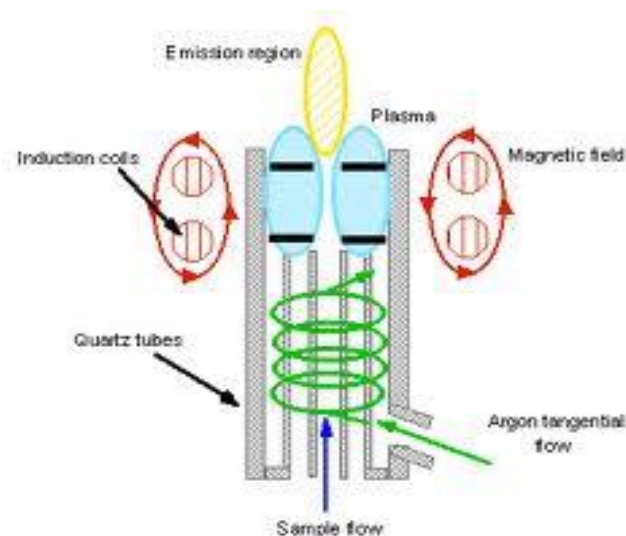
spray chambre = rozprašovací (zmlžovací) komora

spectrometer = spektrometr

microprocessor and electronics = mikroprocesor a elektronika

computer = počítač

Hořák



Obr. 10 Popis hořáku: Sample tow- odtah vzorku, Argon tangential tow- tangenciální odtah argonu, Magnetic field- magnetické pole, Plasma- plasma, Emission region- emisní oblast, Induction Coils- indukční cívky, Quartz tubes- křemenné trubky

Plasma je vázaná v elektromagnetické cívce. Má určitou rychlost a její konec je uříznut proudem vzduchu. Do plasmy je proudem nosného plynu argonu propálen studený kanálek, do kterého je vnesen vzoreček ve formě aerosolu. Tomuto vzorku je energie plasmou předána zejména radiací a interakcí na povrchu kanálku – tedy na styku kanálku a vlastní plasmy. Plasma je zapalována vysokonapětovým výbojem.

Peristaltická pumpa

Pracuje na principu paměti materiálu, ze které je vyrobena flexibilní trubice čerpadla, která je střídavě stlačována a uvolňována. Během pomalého otáčení dochází k postupné deformaci hadice, přičemž se uzavře malý objem kapaliny v trubici, který je poté vytlačován z hadice po směru rotace, tudíž vzniká podtlak, který má za následek opětovné nasátí čerpané kapaliny.

Spektrometr

Záření z plasmy je detekováno pomocí monochromátoru. Existuje pozorování axiální v ose plasmy, nebo radiální kolmo na osu. Výhoda axiálního pozorování je v delší optické dráze, má větší citlivost. Nevýhodou je, že na studeném konci

plasmy může docházet k rekombinantním jevům k samoabsorpci a dalším komplikacím. Kalibrační křivka může mít menší lineární rozsah. Hledí se do celé plasmy, do horké zóny, okolí píku je zvlněné. Příčinou jsou viditelné děje, které se dějí v horké části. Radiální pozorování je do chladnější části, jelikož horká část je mimo osu pozorování. Pozadí je rovnější, bez šumu a zvlnění, pokud nejsou přítomny interferenty, které mají čáru poblíž sledovaného prvku. Menší citlivost, lepší linearita.

4.2.5. Antimikrobiální vlastnosti testovaných vzorků

Na režnou bavlněnou tkaninu byly nanášeny připravené roztoky.

TESTOVACÍ METODA – NORMA: K testování byla použita metoda **AATCC Method 100** – An American Standard 1993

POSTUP TESTOVÁNÍ:

Vzorky tkaniny o rozměrech 18x18 mm byly sterilizovány ve sterilizátoru 20 minut při teplotě 90 °C. Vysterilizované vzorky byly umístěny do sterilních kontejnerů a zaočkovány bakteriálním inokulem v koncentraci 10^5 / ml v objemu 0,1 ml bakteriálního inokula. Kontejnery byly umístěny do termostatu a kultivovány při teplotě 37 °C po dobu 24 hodin.

Po 24 hodinách kultivace bylo do kontejnerů přidáno 10 ml fyziologického roztoku, čímž bylo ředění bakterií upraveno na 10^3 /ml.

Kontejnery byly protřepány (vortexovány) po dobu 5 minut.

Z každého kontejneru byl odebrán 1 ml bakteriologického média, které bylo vyočkováno na Petriho misku s krevním agarem.

Misky byly umístěny do termostatu a inkubovány po dobu 24 hodin při teplotě 37°C.

Výsledky byly vyfoceny, zhodnoceny.

TESTOVANÉ BAKTERIÁLNÍ KMENY: Pro testování byla použita gramnegativní tyčinkovitá bakterie E.coli – bakteriální kmen dle **CCM 2024 (ATCC 9637)**.

Bakteriální kmen je referenční kulturou mikroorganismů (dle ALE-G18, ČSNI), zakoupené z České sbírky mikroorganismů Masarykovy univerzity v Brně.

Inkubace byla provedena na sterilním krevním agaru (Columbia agar) – zakoupeno od firmy BIO-RAD.

4.3. Výsledky a diskuze

4.3.1. Spektrofotometrie

Doba elektrolýzy	Doba stárnutí vzorku	Absorbance při 190 nm	Absorbance při 290 nm	Absorbance při 390 nm
5	120	1,3	0,5	0,1
5	168	0,19	0,025	0,025
5	792	0,18	0	0
10	120	1,2	0,4	0,01
10	168	0,305	0	0
10	792	0,31	0	0
15	120	1,3	0,5	0,1
15	168	0,325	0,05	0,01
15	792	0,49	0	0,12
30	120	1,25	0,25	0
30	168	1,4	2,75	0
30	792	0,9	0	0,08
45	120	1,2	0,38	0,01
45	168	0,37	0,09	0,01
45	792	1	0	0
60	120	1,2	0,4	0,01
60	168	1,25	0,45	0,25
60	792	0,82	0	0

Tab. č. 2: Výsledky spektrofotometrie

Výsledky: Na koloidních roztocích vytvořených v časech uvedených v tab., je viditelné stárnutí. Čím starší roztok, tím nižší obsah stříbra.

4.3.2. Vlastnosti roztoku po přidání hydroxidu sodného NaOH a peroxidu vodíku H₂O₂

Vytvářela jsem elektrochemicky roztoky koloidního stříbra za přidání hydroxidu sodného a peroxidu vodíku. Experiment probíhal po dobu 20 minut.

1) Roztok s NaOH

1g ... 1000 ml

x g 50 ml

$$x = (1 \cdot 50) / 1000 = \underline{0,05 \text{ g}}$$

2) Roztok s H₂O₂ (30%tní)

300 g ... 1000 ml

100% ... 15 g

x g 50 ml

1 % x g

$$x = (300 \cdot 50) / 1000 = \underline{15 \text{ g}}$$

$$x = (1 \cdot 15) / 100 = 0,15 \text{ g} \sim \underline{0,2 \text{ ml}}$$

NaOH	H ₂ O ₂
bouřlivá reakce, roztokem procházel vysoký proud	klidná reakce
rychlé uvolňování nanočástic, došlo k propojení elektrod, zahřívání roztoku	reakce podobná reakci s vodou
po 10 minutách t = 56°C	po 10 minutách t = 20°C
po 20 minutách t = 88°C	po 20 minutách t = 21°C

Tab. č. 3: Porovnání vlastností roztoků s NaOH, H₂O₂

Následně byla provedena analýza velikosti částic těchto roztoků a roztoku připraveného bez chemikálií (jen elektrolyza stříbra).



Obr. 11 Hydroxid sodný, peroxid vodíku

Výsledky: Jak je popsáno v tabulce č. 1 po přidání hydroxidu probíhala reakce velmi rychle, byly viditelné rozpady stříbra, při větší koncentraci jejich následné shluky. Po přidání peroxidu nebyly patrné žádné změny. Následně byla provedena analýza velikosti částic, která prokázala přítomnost stříbra jen v roztoku s hydroxidem.

4.3.3. Koncentrace hydroxidu sodného, vliv na chemickou elektrolýzu

Po vyhodnocení prvního experimentu, kde změna chemické elektrolýzy byla viditelná u hydroxidu sodného jsem zvolila:

- a) koncentrace 1 g / 1000 ml
- b) koncentrace 0,1 g / 1000 ml
- c) koncentrace 0,01 g / 1000 ml

Výpočty

viz a)

1 g ... 1000 ml

x 50 ml

x = 0,05 g

Výsledkem byla extrémně bouřlivá reakce a velmi rychlé uvolňování stříbra

viz b)

0,1 g ... 1000 ml

x 50 ml

x = 0,005 g

V tomto případě probíhala reakce velmi rychle, po 2 minutách zakalený roztok, rychlé uvolňování stříbra

viz c)

0,01 g ... 1000 ml

x 50 ml

x = 0,0005 g

Reakce probíhala rychle, ne však velmi rychle jako u jiných koncentrací

Během elektrolýzy byl měřen proud

Čas	proud při koncentraci 1g/l	proud při koncentraci 0,1g/l	proud při koncentraci 0,01g/l
1 min	0,01 A	0,00 A	0,00 A
5 min	0,13 A	0,06 A	0,01 A
10 min	0,27 A	0,08 A	0,01 A
15 min	0,41 A	0,13 A	0,01 A
20 min	0,54 A	0,16 A	0,02 A

Tab. č. 4: naměřený proud

Výsledky: Po snížení koncentrace hydroxidu o 10ti a 100násobek, viditelný rozpad stříbra. Při koncentraci 0,1g/l částečné shlukování, ne tak razantní jako u koncentrace 1g/l. Pozvolné uvolňování stříbra o koncentraci roztoku 0,01g/l, které je dostatečné pro další použití.

4.3.4. Pokus o stabilizaci roztoku

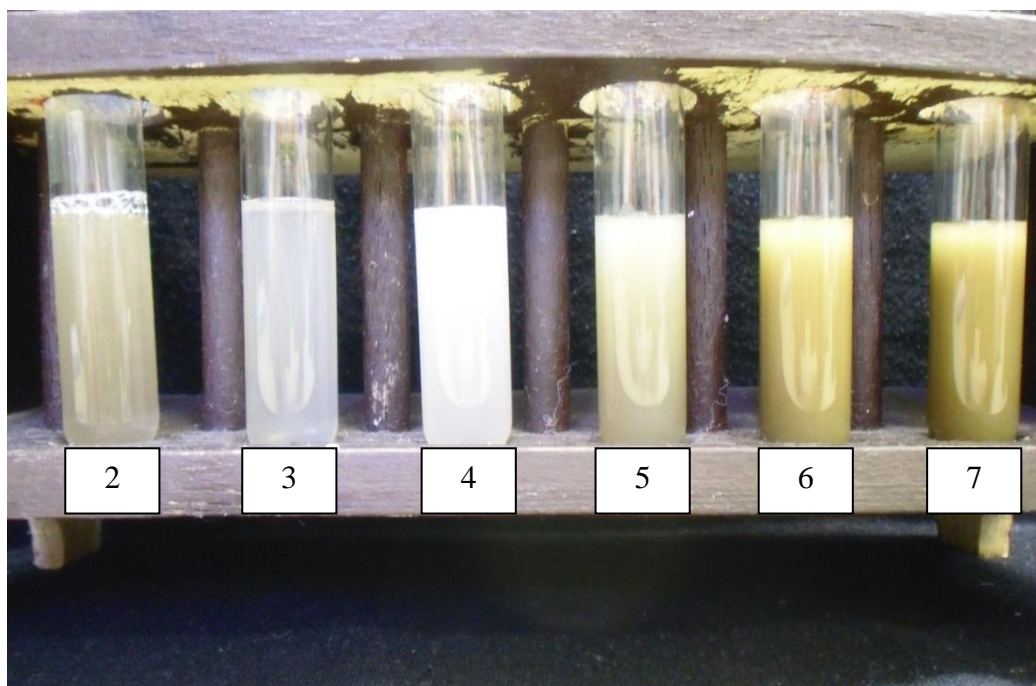
Do elektrolýzy byly přidány neionogenní dispergátory.

Chemikálie	1	2	3	4	5	6	7	8	9
hydroxid sodný [g]	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005
Heptanol [g]	0,05	0,25	0,5	-	-	-	-	-	-
Alfonal K [g]	-	-	-	0,05	0,25	0,5	-	-	-
Slovafol[g]	-	-	-	-	-	-	0,05	0,25	0,5
Naměřený proud [A]	0,06	0,06	0,04	0,02	0,04	0,03	0,07	0,08	0,14

Tab. č. 5: Množství NaOH, Heptanolu, Alfonalu K, Slovafolu a naměřený proud

Chemikálie	1	2	3	4	5	6	7
hydroxid sodný [g]	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005
Heptanol [g]	-	0,05	0,25	0,5	0,05	0,25	0,5
Alfonal K [g]	-	0,05	0,25	0,5	-	-	-
Slovafol[g]	-	-	-	-	0,05	0,25	0,5
Naměřený proud [A]	0,06	0,03	0,02	0,02	0,05	0,08	0,08

Tab. 4 Množství NaOH, Heptanolu, Alfonalu K, Slovafolu a naměřený proud



Obr. 12 Ukázka barevnosti roztoků, k tab.č.4

Výsledky: Přidáním neionogenních dispergátorů byly stabilizovány rozptýlené částice stříbra.

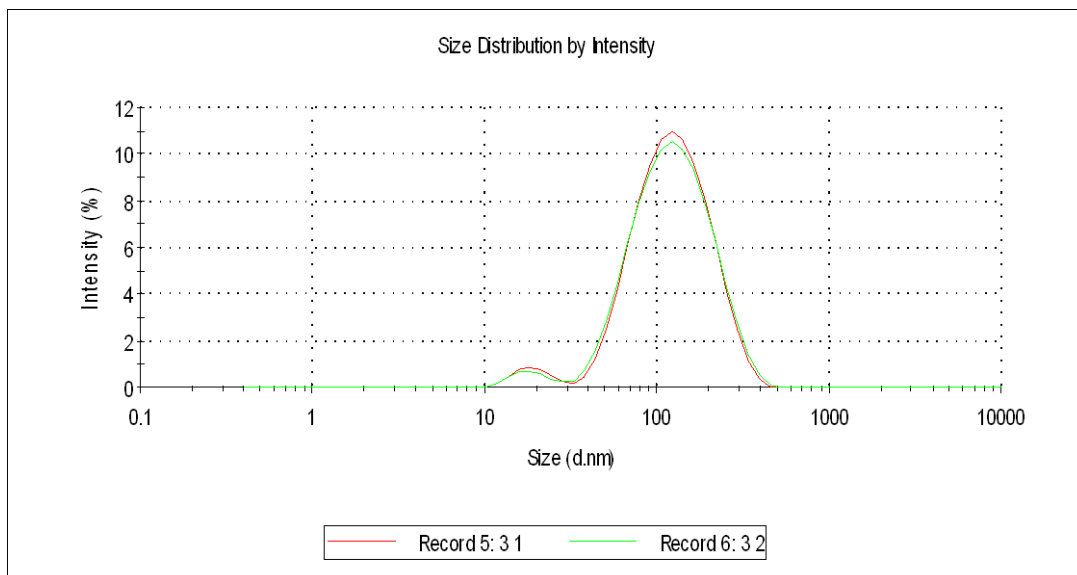
4.3.5. Analýza velikosti částic

Chemickou elektrolýzou byly vyrobeny roztoky s přidáním chemikálií viz. tabulka č. 5

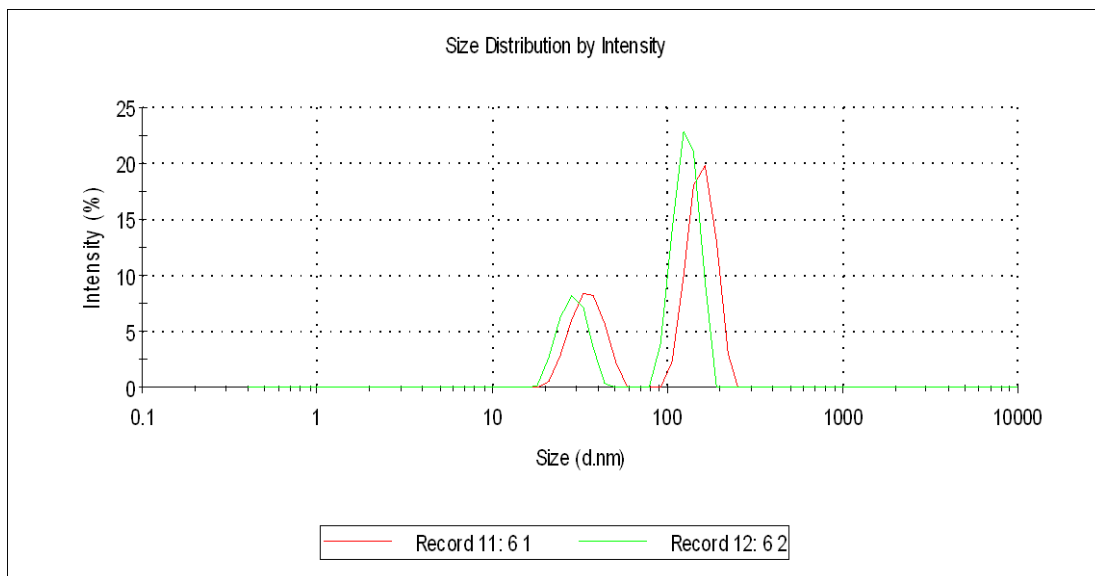
vzorek č.	NaOH [g/l]	Alfonal K [g/l]	Heptanol [g/l]	Slovafol [g/l]	Velikost vzniklých částic [nm]		
					Vysoká intenzita	Střední intenzita	Malá intenzita
1	0,005	-	0,05	-	100	5000	1000
2	0,005	-	0,25	-	350	40	-
3	0,005	-	0,5	-	150	15	-
4	0,005	0,05	-	-	100	15	1300
5	0,005	0,25	-	-	130	95	18
6	0,005	0,5	-	-	150	30	-
7	0,005	-	-	0,05	60	19	-
8	0,005	-	-	0,25	150	70	1450
9	0,005	-	-	0,5	75	6	-
10	0,005	-	-	-	105	1400	-
11	0,005	0,05	0,25	-	100	1400	-
12	0,005	0,25	0,25	-	60	135	10
13	0,005	0,5	0,5	-	130	50	-
14	0,005	-	0,05	0,05	100	10	-
15	0,005	-	0,25	0,25	60	160	10
16	0,005	-	0,5	0,5	150	40	1400

Tab. č. 6: Obsah roztoků

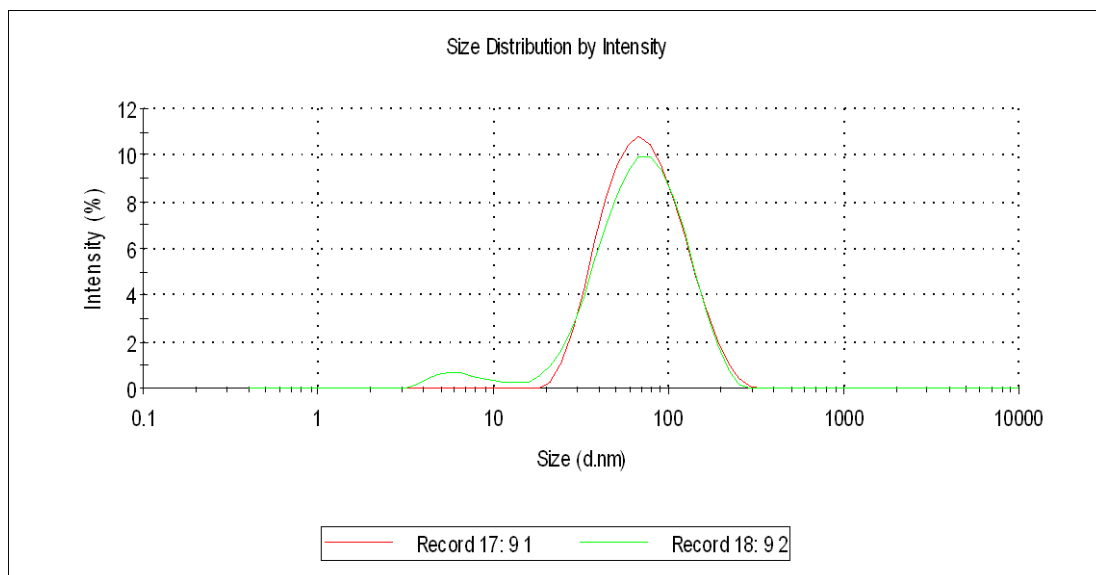
Výsledky: Po zhodnocení experimentu byly vyhodnoceny tři nejvhodnější roztoky s požadovanými vlastnostmi, těmi byly co nejmenší a nejstabilnější částice o velikosti cca 100 nm a menší a stabilita. Z výsledků měření na Zetasizeru to byly roztoky ve složení NaOH 0,005g, Heptanol 0,5g dále NaOH 0,005g, Alfonal 0,5g a NaOH 0,005g, Slovafol 0,5g. Viz. Grafy. Je patrné, že roztoky s největší koncentrací byly vhodnější.



Obr. 13 NaOH 0,005g, Heptanol 0,5g



Obr.14 NaOH 0,005g, Alfonal 0,5g



Obr.15 NaOH 0,005g, Slovafol 0,5g

4.3.6. Stanovení koncentrace stříbra

Pro mé měření jsem si vytvořila kalibrační řadu z dusičnanu stříbrného. Začínající koncentrací 8 g/l a ředěnou vždy napůl do koncentrace 0,015625 g/l. Koncentrace 8; 4; 2; 1; 0,25 g/l, nebyla do kalibrační řady použita. Důvod, jak už bylo zmíněno v metodice, je axiální pozorování. Na zbylých vzorcích je viditelné přesné měření přístroje. Kde naměřená koncentrace je totožná s koncentrací vytvořenou.

číslo vzorku	počáteční koncentrace AgNO_3 [g/l]	naměřená koncentra [g/l]	poznámka
1	8	-	nepoužito
2	4	-	nepoužito
3	2	-	nepoužito
4	1	-	nepoužito
5	0,5	0,5	
6	0,25	-	nepoužito
7	0,125	0,125	
8	0,625	0,625	
9	0,03125	0,03125	
10	0,015625	0,015625	

Tab. č. 7: Kalibrační řada

Následně byly vytvořeny roztoky ve složení viz. Tab.8.

číslo vzorku	doba elektrolýzy [min]	složení lázně				C Ag [g/l]
		NaOH[g/l]	Alfonal [g/l]	Heptanol[g/l]	Slovafol [g/l]	
1	1	0,1	-	-	-	0,014514
2	2	0,1	-	-	-	0,019014
3	3	0,1	-	-	-	0,010121
4	4	0,1	-	-	-	0,007682
5	5	0,1	-	-	-	0,007930
6	6	0,1	-	-	-	0,009914
7	7	0,1	-	-	-	0,013240
8	8	0,1	-	-	-	0,011074
9	9	0,1	-	-	-	0,009288
10	10	0,1	-	-	-	0,056311
11	1	1	-	-	-	0,017945
12	2	1	-	-	-	0,038293
13	3	1	-	-	-	0,140700
14	4	1	-	-	-	0,090218
15	5	1	-	-	-	0,169750
16	6	1	-	-	-	0,165400
17	7	1	-	-	-	0,179790
18	8	1	-	-	-	0,042555
19	9	1	-	-	-	0,032428
20	10	1	-	-	-	0,115810
21	10	0,1	10	-	-	0,058960
22	10	0,1	-	10	-	0,037518
23	10	0,1	-	-	10	0,756790
24	30	0,1	-	-	-	0,345230

Tab. č. 8: Složení roztoků

Výsledky: Z mnoha vytvořených vzorků je zřejmé, že přidáním neionogenních dispergátorů se koncentrace zvýšila. Nejrazantněji u Alfonalu K.

4.3.7. Antimikrobiální úprava

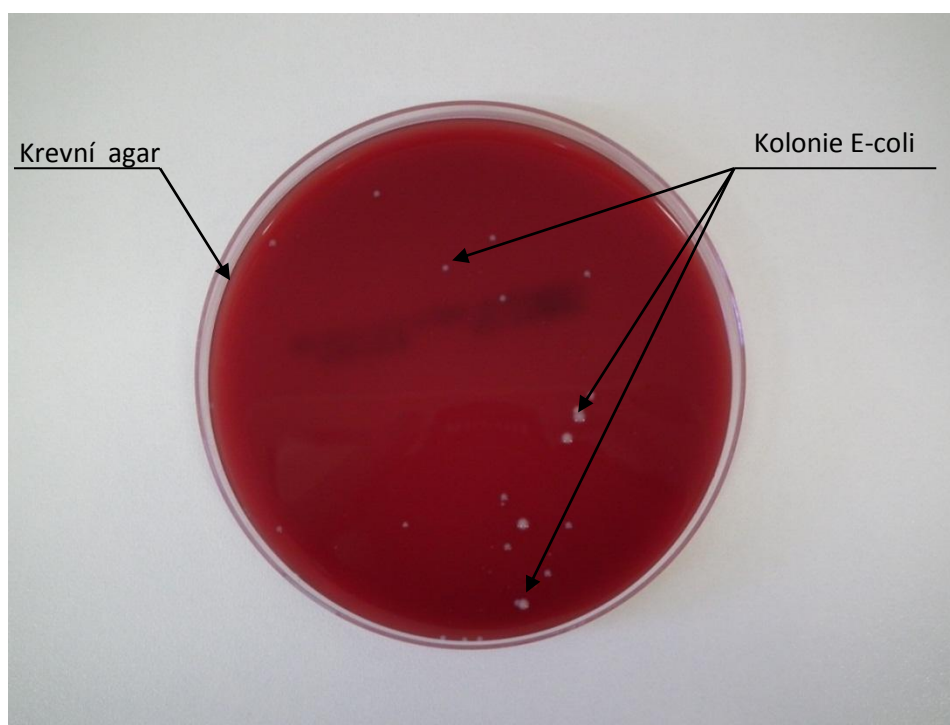
Byla použita metodika č.4

Označení	NaOH [g]	Heptanol [g]	Alfonal [g]	Slovafol [g]	Procento inhibice
NaOH 1	0,005	0,05	-	-	100
NaOH 2	0,005	0,25	-	-	99,2
NaOH 3	0,005	0,5	-	-	100
NaOH 4	0,005	-	0,05	-	99,8
NaOH 5	0,005	-	0,25	-	100
NaOH 6	0,005	-	0,5	-	100
NaOH 7	0,005	-	-	0,05	100
NaOH 8	0,005	-	-	0,25	99,7
NaOH 9	0,005	-	-	0,5	99,8
NaOH 10	0,005	-	-	-	100
NaOH 11	0,005	0,05	0,05	-	100
NaOH 12	0,005	0,25	0,25	-	97,4
NaOH 13	0,005	0,5	0,5	-	100
NaOH 14	0,005	0,05	-	0,05	100
NaOH 15	0,005	0,25	-	0,25	99,8
NaOH 16	0,005	0,5	-	0,5	99,9

Tab. č. 9: složení roztoků, výsledek inhibice

Označení	Koncentrace dusičnanu stříbrného [g/l]	Procento inhibice
Ag 1	5	99,7
Ag 2	0,5	100
Ag 3	0,05	100
Ag 4	0,005	100
Ag 5	0,0005	100
Ag 6	0,00005	99,9
Ag 7	0,000005	99,8
Ag 8	0,0000005	99,9
Ag 9	0,00000005	100
Ag 10	0,000000005	98,8

Tab. č. 10: složení roztoků, výsledek inhibice



Obr. 16 Ukázka kolonií E-coli

5. ZÁVĚR:

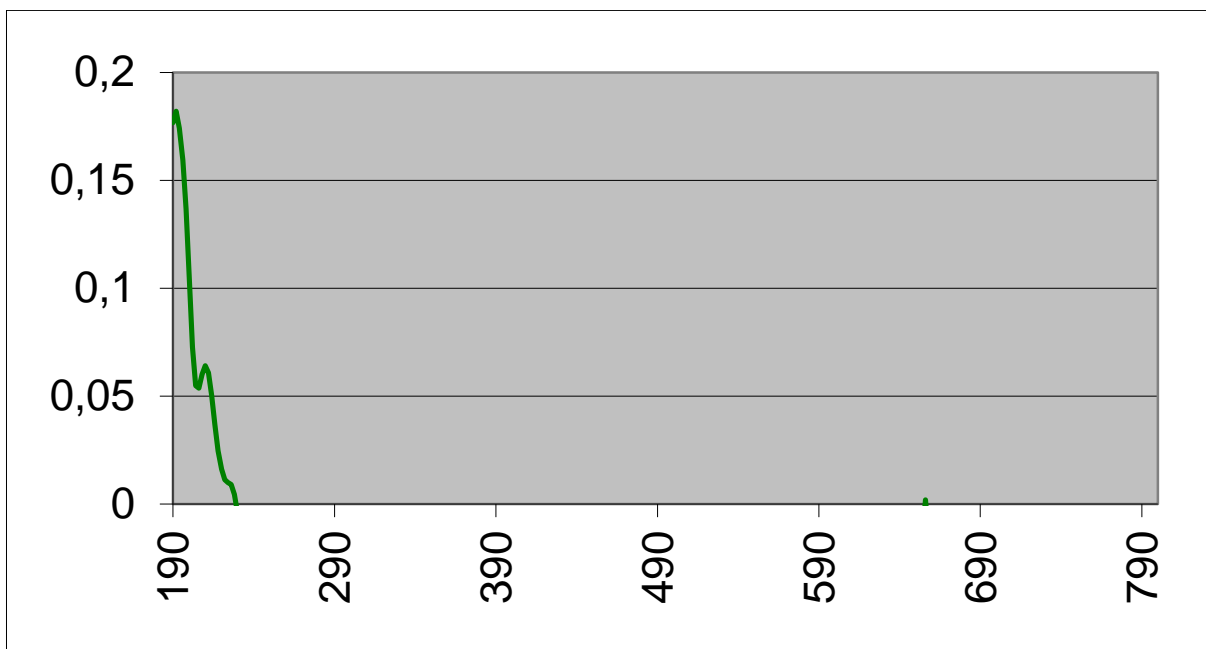
Nanotechnologie a nanomateriály jsou poměrně novým oborem. Jsou stále více zkoumané, vyvíjené a používány. Chemickou elektrolýzou jsem vyrobila koloidní roztoky stříbra. Spektrofotometrem zkoumala stárnutí roztoků. Ten potvrdil, že čím starší roztok, tím méně stříbra se v něm nachází. Modifikace, přidání neionogenních dispergátorů (Alfonal K, Heptanol, Slovafol 909), vedla k stabilizaci nanočástic o průměrné velikosti cca 100nm. Stanovila se koncentrace stříbra, bylo zjištěno, že roztoky s přídavkem dispergátorů jsou odolnější vůči stárnutí. Koloidní roztoky i s přídavkem dispergátorů byly nanášeny na textilní substrát a následně testovány antimikrobiálně. Vzhledem k schopnosti stříbra zabíjet živé organismy, byla úprava vynikající. Myslím si, že tento obor má velkou budoucnost.

6. Použitá literatura

- 1 http://www.ft.tul.cz/depart/knt/nanotex/predn%C3%A1%C5%A1ka%20uvod_d_o_nanomaterialu_na%20web.pdf, citace z 5.5.2012
- 2 ŘEZANKA, P., ZÁRUBA, K., KRÁL, V., Potenciál modifikovaných nanočástic v analytické chemii, *Chem. Listy* 101, 881–885 (2007)
- 3 http://nanotechnologie.vsb.cz/Historie/nano_historie.pdf, citace z 5.5.2012, citace z 5.5.2012
- 4 RAO, C.N.R., *The chemistry of nanomaterials: synthesis, properties and applications*. Weinheim: Wiley-VCH, 2004, 2 s. ISBN 35-273-0686-2.
- 5 www.mpouzar.net/prednasky/nano.ppt, citace z 5.5.2012
- 6 GOGOTSI, Y., *Nanomaterials handbook*. Boca Raton: CRC/Taylor, 2006, 780 s. ISBN 08-493-2308-8.
- 7 NAGARAJAN, R a T HATTON. *Nanoparticles: synthesis, stabilization, passivation, and functionalization*. New York: Oxford University Press, c2008, 449 s. ISBN 08-412-6969-6.
- 8 STANGER, Jon, Nick TUCKER a Mark STAIGER. *Electrospinning*. Shropshire, UK: Smithers Rapra, 2009, 206 s. ISBN 978-1-84735-091-6.
- 9 GECKELER, Kurt E a Hiroyuki NISHIDE. *Advanced nanomaterials*. Weinheim: Wiley-VCH, c2010, 2906 s. ISBN 35-273-1794-5.
- 10 EFTEKHARI, Edited by Ali. *Nanostructured materials in electrochemistry*. Weinheim: Wiley-VCH, 2008. ISBN 978-352-7318-766.
- 11 CREIGHTON, J.A., C.G. BLATCHFORD, and e. al., *J. Chem. Soc. Faraday Trans. 2*, 1979
- 12 ROSPENDOVSKI, B. N., K. KELLY, and e. al., *J. Am.Chem. Soc.*, 1991
- 13 MAHLTIG, Boris a Torsten TEXTOR. *Nanosols and textiles*. New Jersey: World Scientific, c2008, 224 s. ISBN 98-128-3350-1.
- 14 www.zschemie.euweb.cz/kyseliny/kyseliny24.html, citace z 5.5.2012

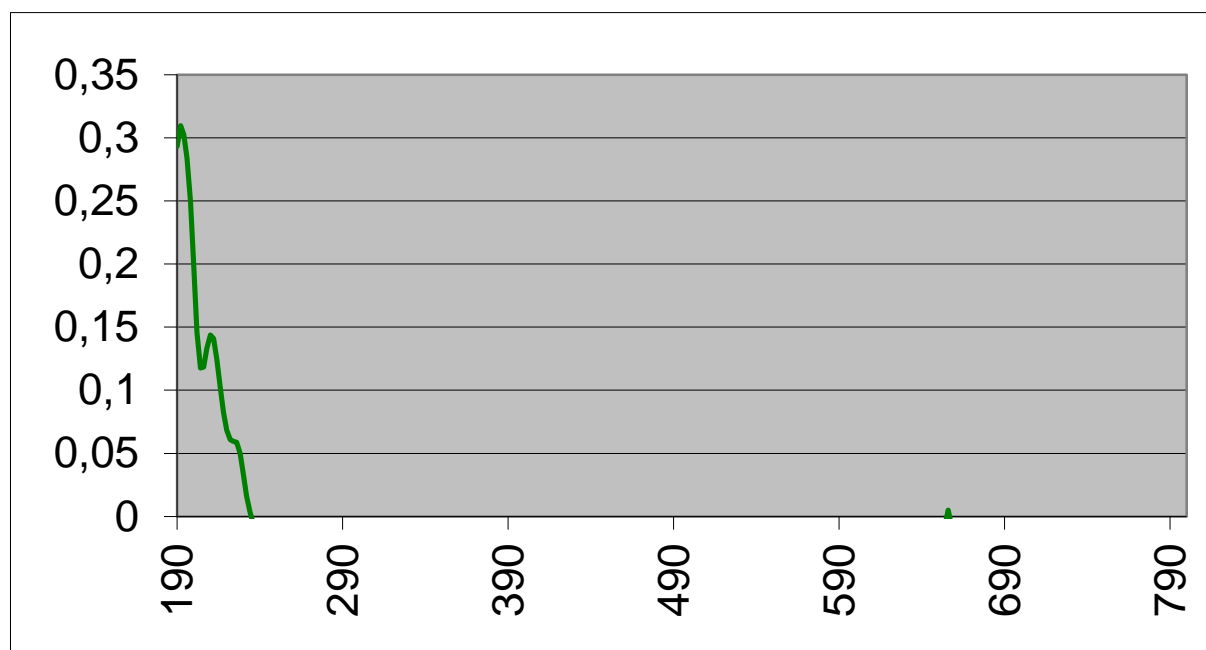
- 15 www.maturita.cz/referaty/referat.asp?id=3900, citace z 5.5.2012
- 16 www.synthesis.com/base/chemical-strukture-10159.html, citace 5.5.2012
- 17 www.enapol.cz/produkty/alfonal-k-1-11, citace z 5.5.2012
- 18 www.merita.cz/pdf/bl/Scolycid.PDF, citace z 5.5.2012
- 19 http://skripta.FT.tul.cz/databaze/list_pre.cgi?predmet=18&pro, citace z 5.5.2012
- 20 <http://www.silvermedic.cz/o-koloidu-stribra-elektrolyza-velikost-castic>, citace z 5.5.2012
- 21 DEMBICKÝ, J., KRYŠTŮFEK, J., MACHAŇOVÁ, D., ODVÁRKA, J., PRÁŠIL, M., WIENER, J. *Zušlechťování textilií*. Vyd. 1. Liberec: Technická univerzita v Liberci, 2008, 186 s. ISBN 978-80-7372-321-7.
- 22 Příručka pro uživatele, MAN0317, VYDÁNÍ 3.0, 2007
- 23 BOSS, CH. B., FREDEEN, K. J., Concepts, Instrumentation and Techniques in Inductively Coupled Plasma Optical Emission Spectrometry, PerkinElmer, 2004

Obrázky k metodice č. 2 - Spektrofotometrie



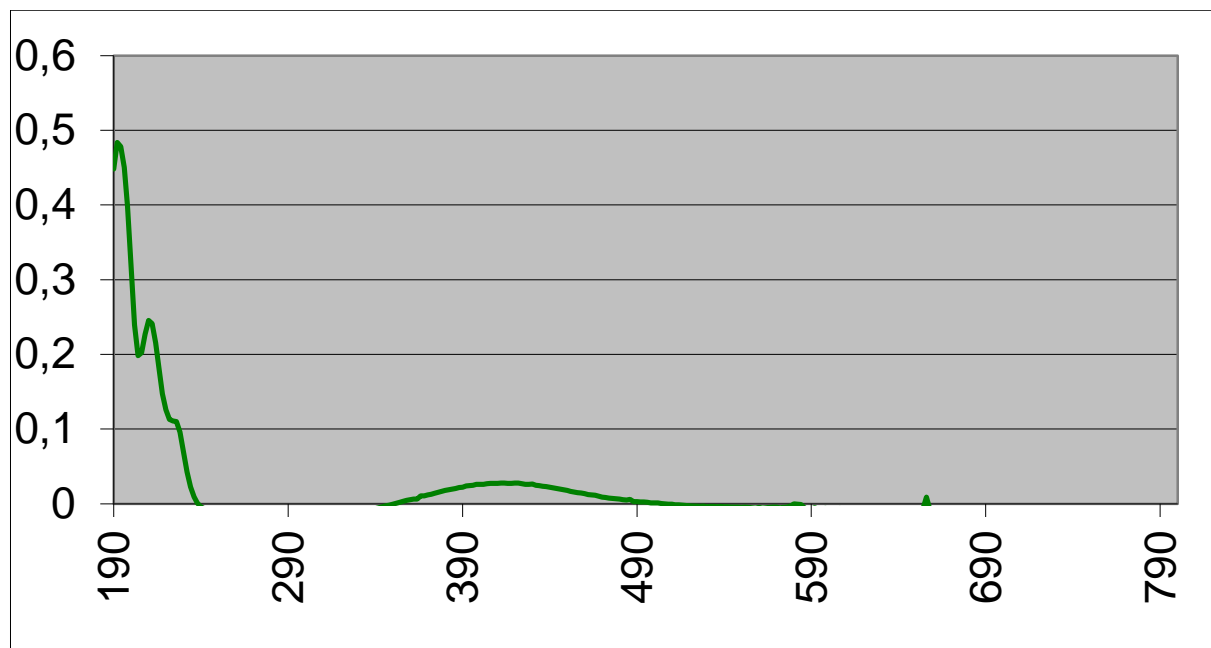
Obr. 1 – Koloid stříbra ve vodě – parametry přípravy: destilovaná voda, 5 min, 30V

Měřeno po 792 hodinách po přípravě



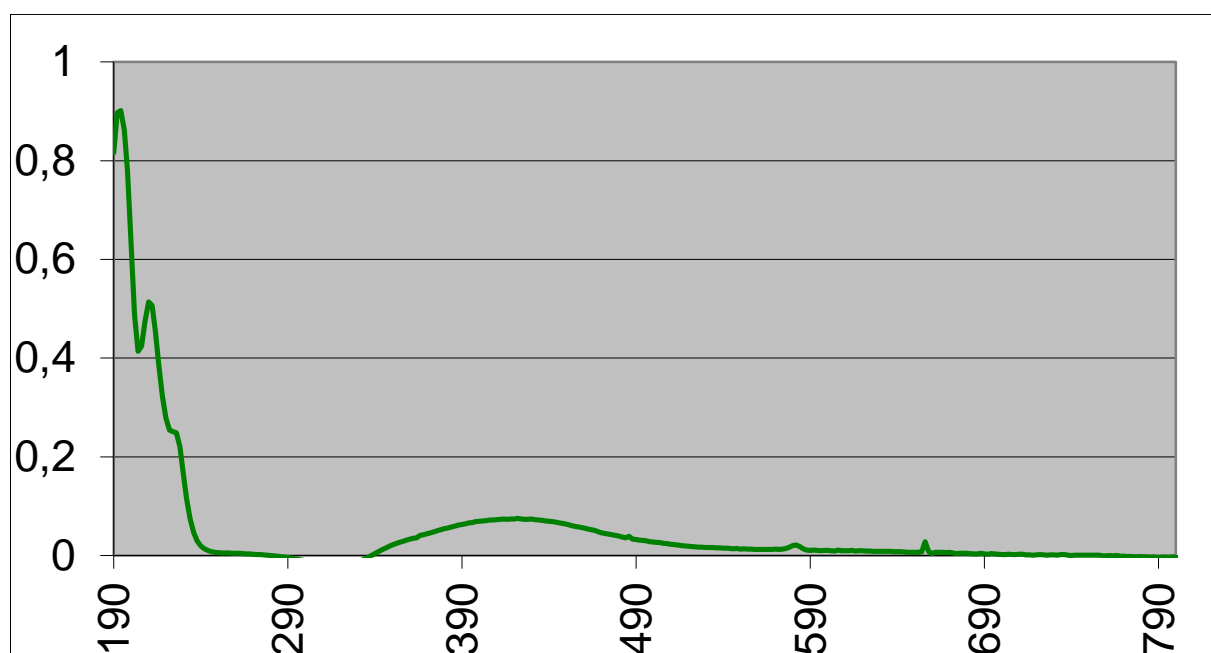
Obr. 2 – Koloid stříbra ve vodě – parametry přípravy: destilovaná voda, 10 min, 30V

Měřeno po 792 hodinách po přípravě



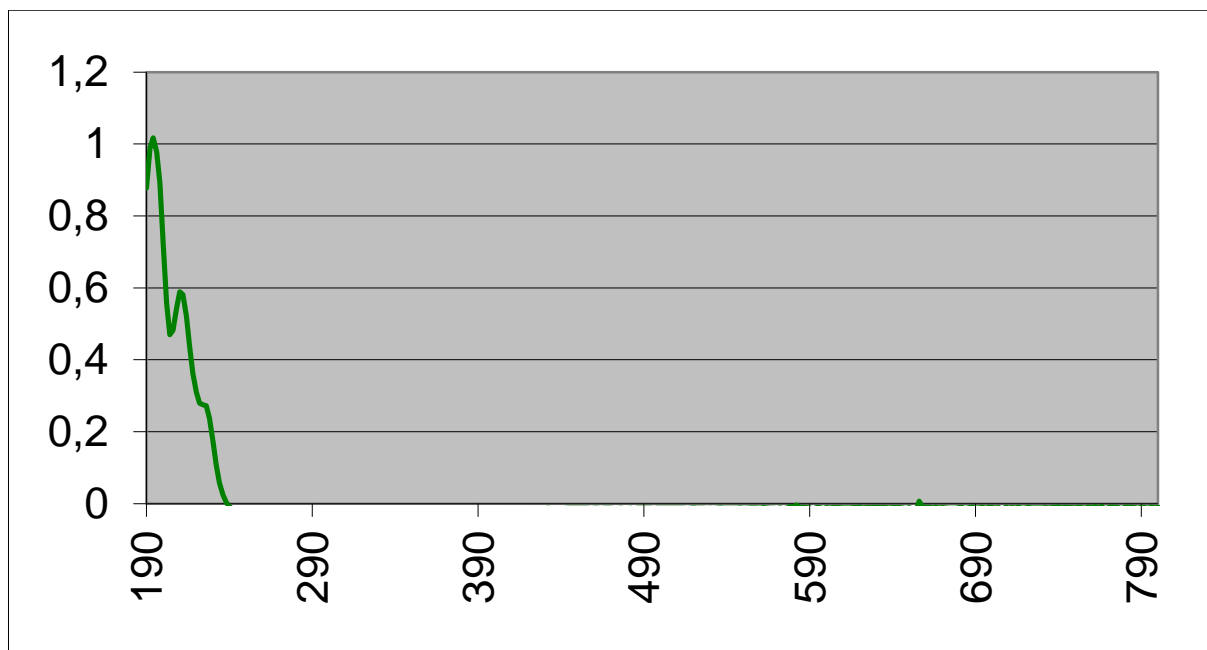
Obr. 3 – Koloid stříbra ve vodě – parametry přípravy: destilovaná voda, 15 min, 30V

Měřeno po 792 hodinách po přípravě



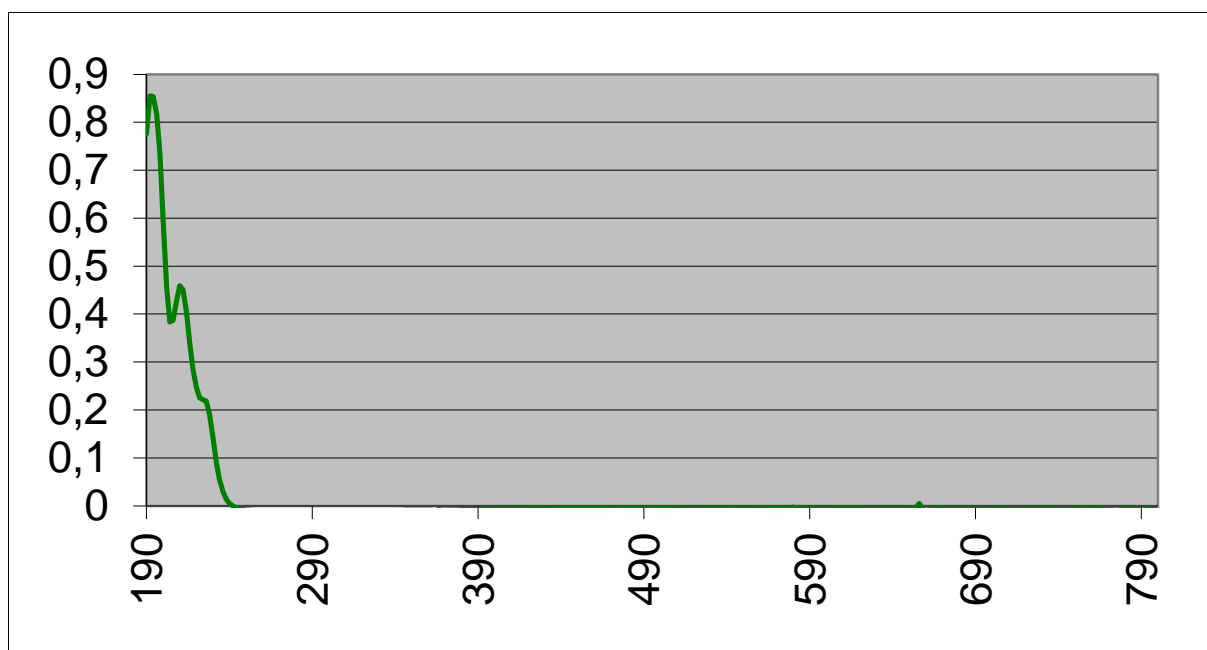
Obr. 4 – Koloid stříbra ve vodě – parametry přípravy: destilovaná voda, 30 min, 30V

Měřeno po 792 hodinách po přípravě



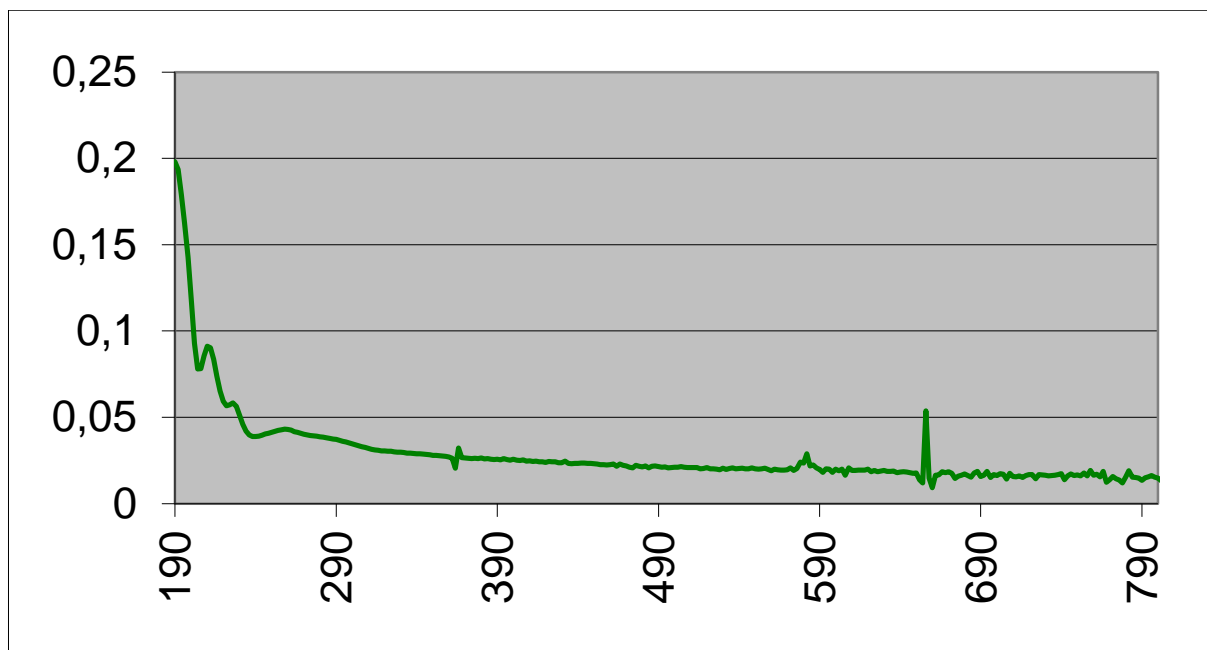
Obr. 5 – Koloid stříbra ve vodě – parametry přípravy: destilovaná voda, 45 min, 30V

Měřeno po 792 hodinách po přípravě



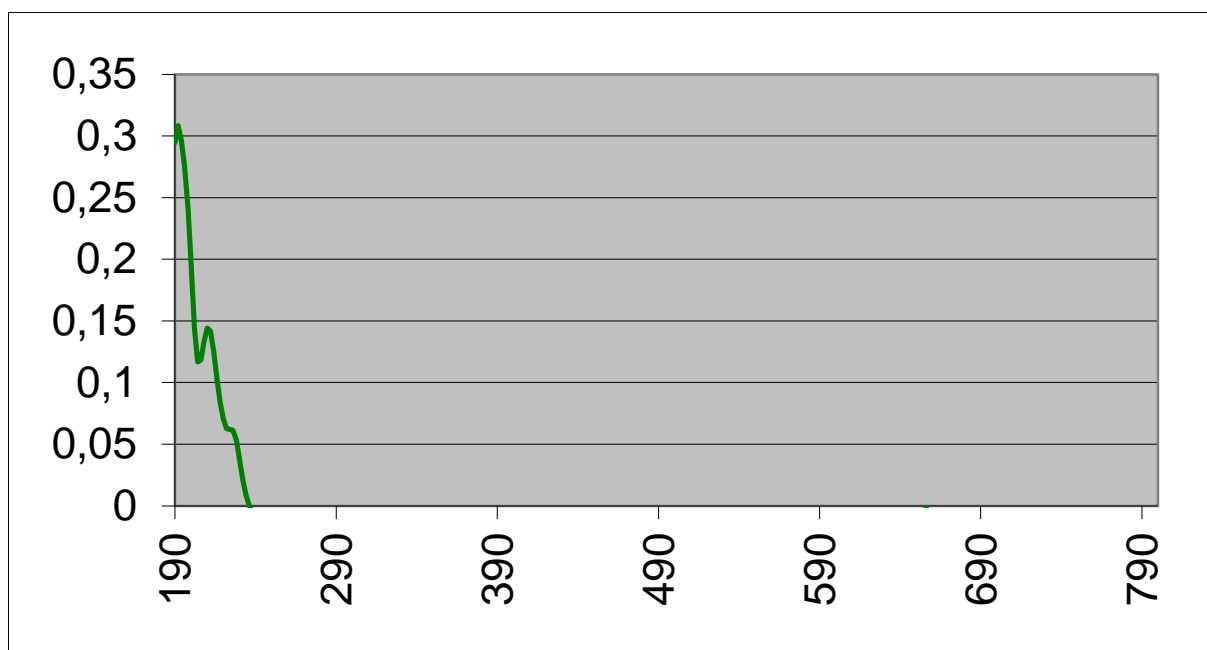
Obr. 6 – Koloid stříbra ve vodě – parametry přípravy: destilovaná voda, 60 min, 30V

Měřeno po 792 hodinách po přípravě



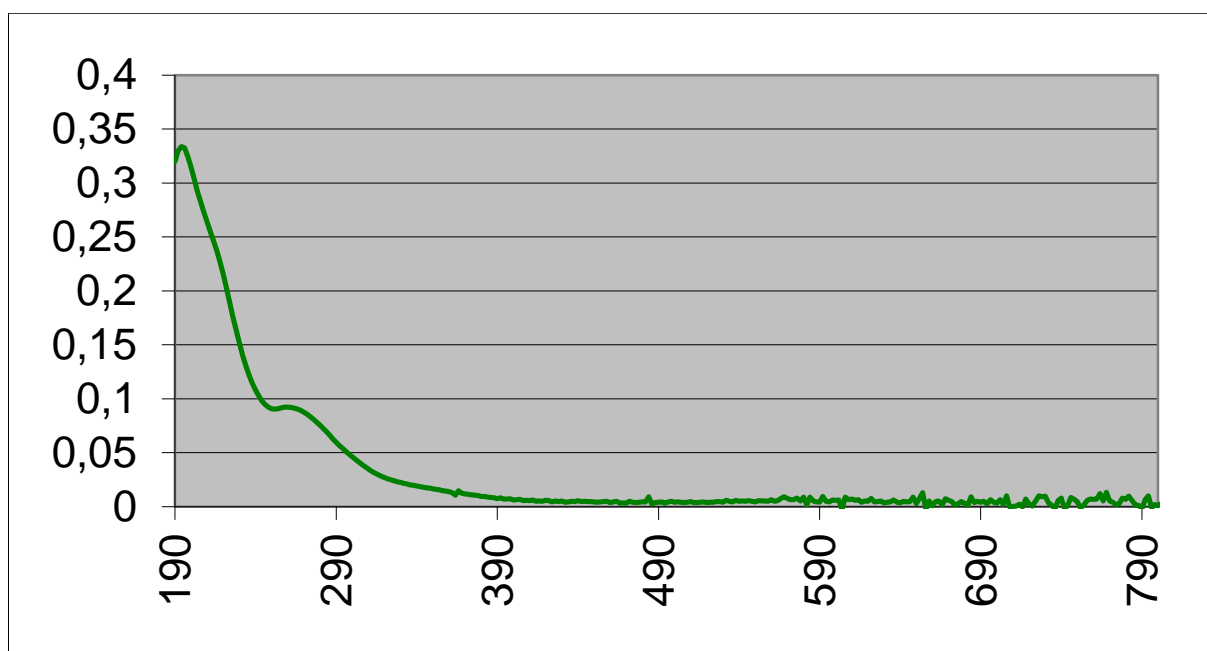
Obr. 7 – Koloid stříbra ve vodě – parametry přípravy: destilovaná voda, 5 min, 30V

Měřeno po 168 hodinách po přípravě



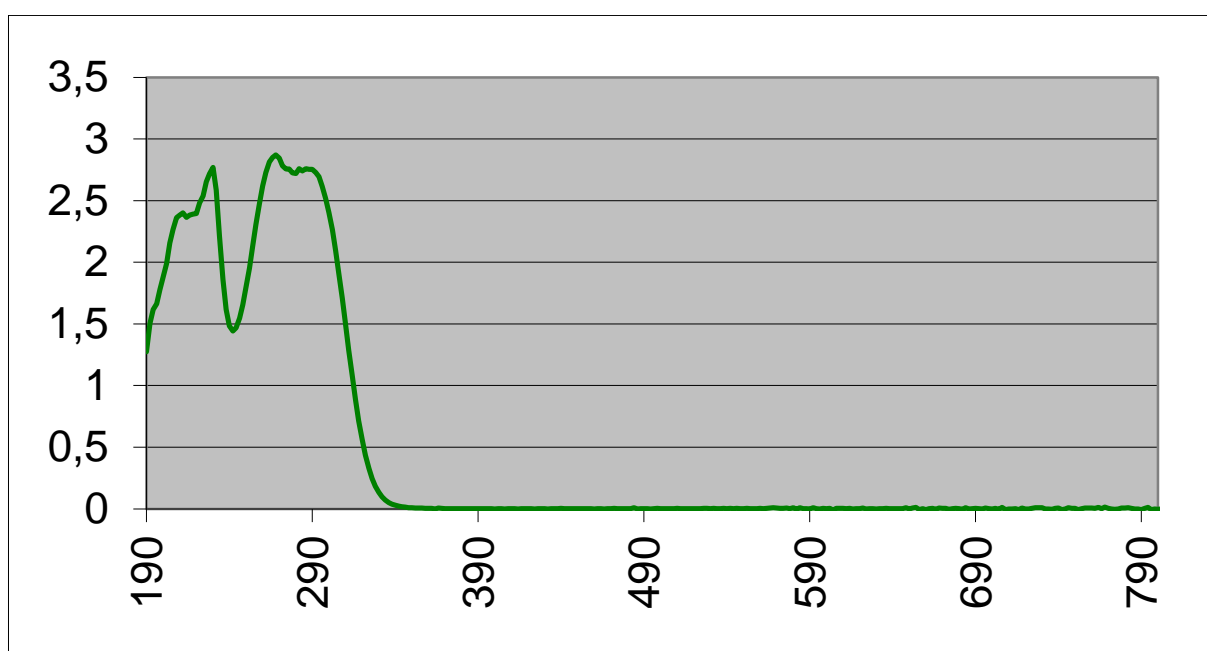
Obr. 8 – Koloid stříbra ve vodě – parametry přípravy: destilovaná voda, 10 min, 30V

Měřeno po 168 hodinách po přípravě



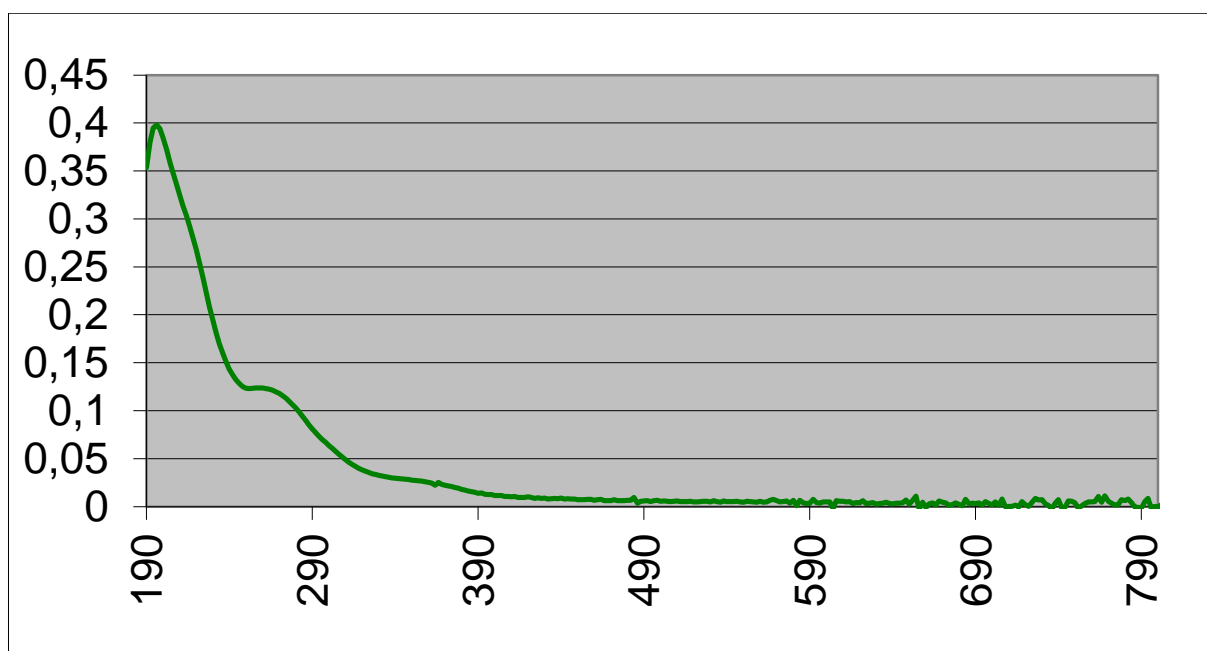
Obr. 9 – Koloid stříbra ve vodě – parametry přípravy: destilovaná voda, 15 min, 30V

Měřeno po 168 hodinách po přípravě



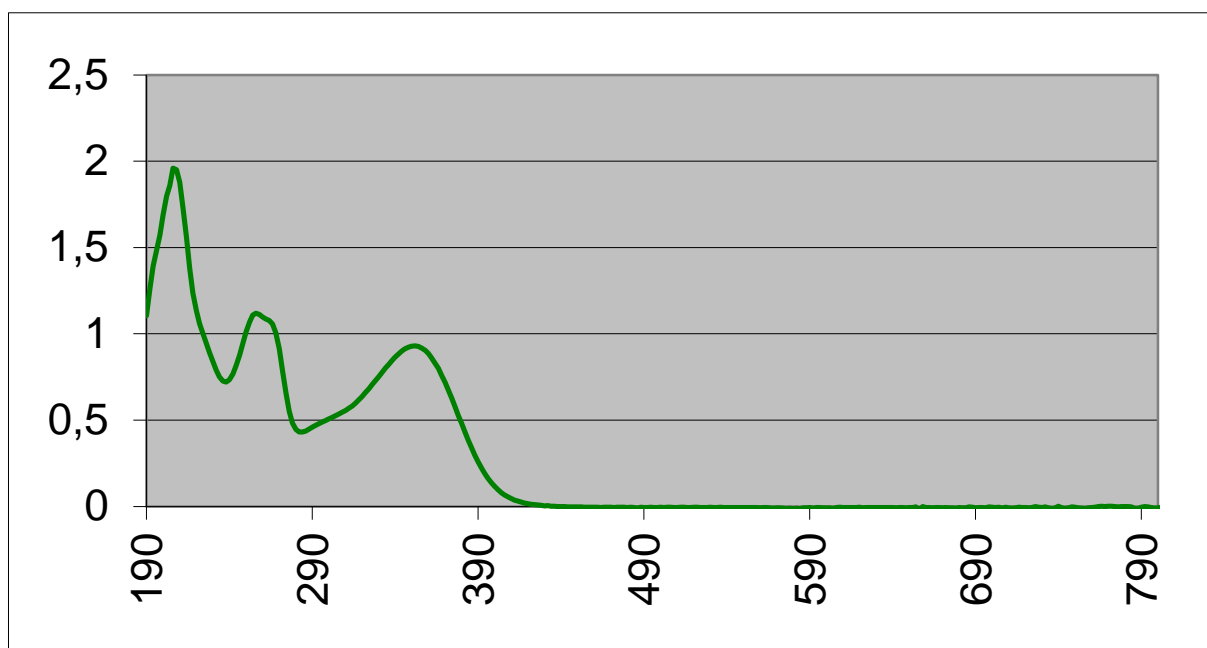
Obr. 10 – Koloid stříbra ve vodě – parametry přípravy: destilovaná voda, 30 min, 30V

Měřeno po 168 hodinách po přípravě



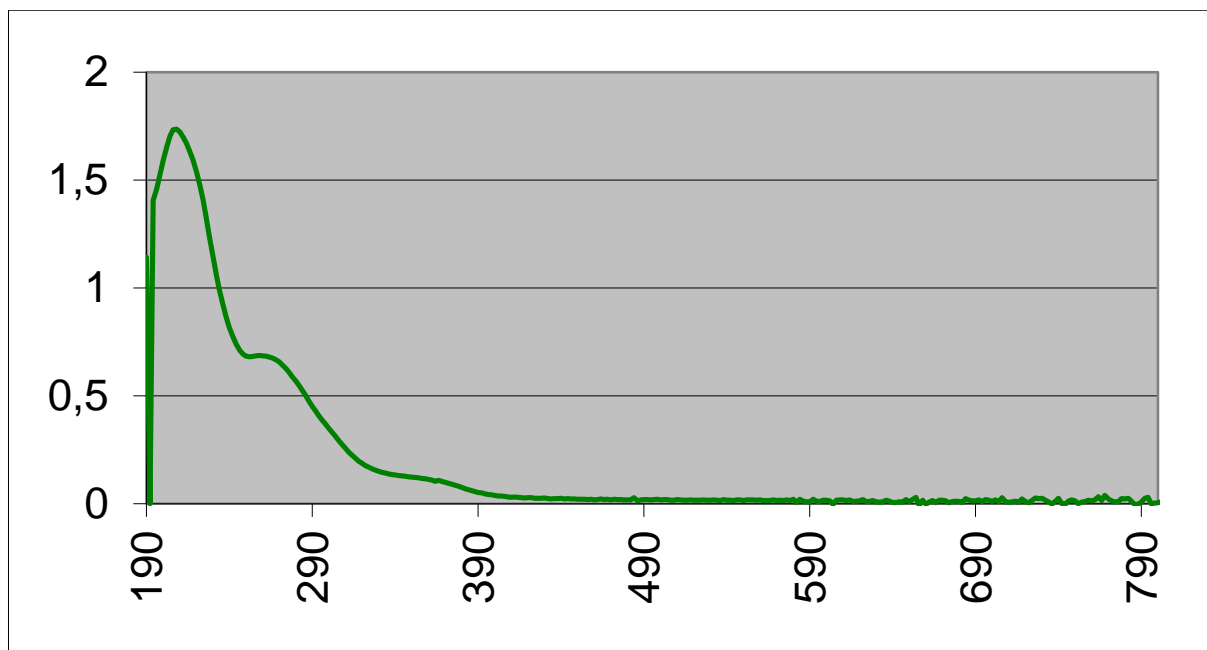
Obr. 11 – Koloid stříbra ve vodě – parametry přípravy: destilovaná voda, 45 min, 30V

Měřeno po 168 hodinách po přípravě



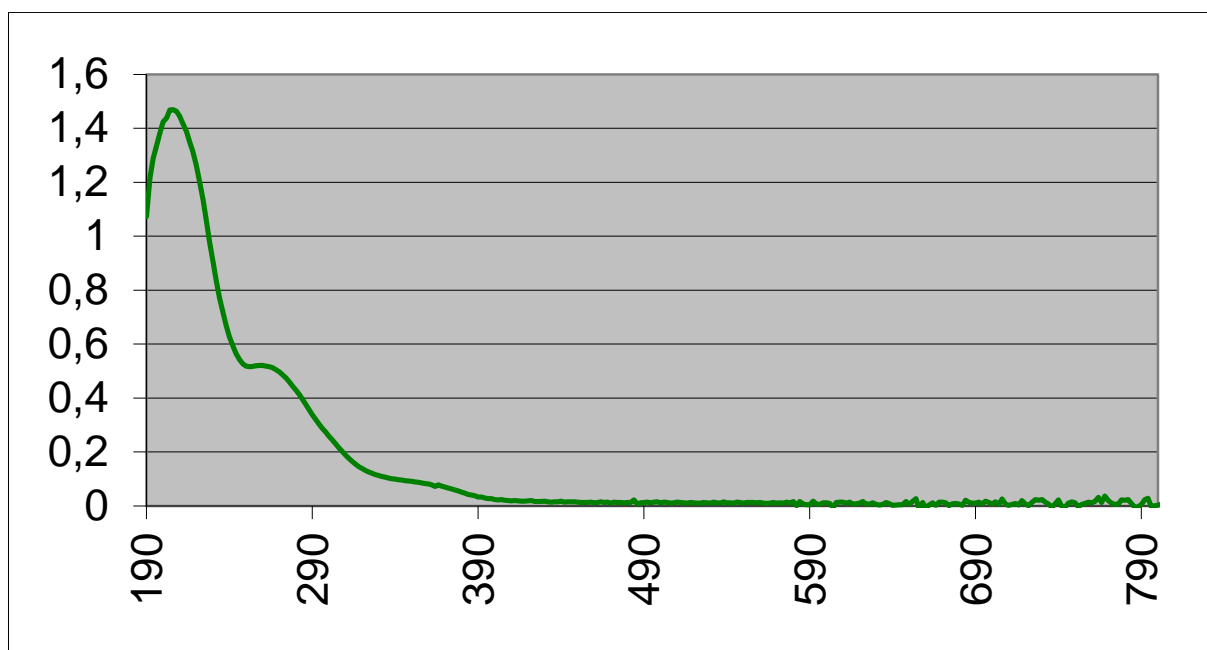
Obr. 12 – Koloid stříbra ve vodě – parametry přípravy: destilovaná voda, 60 min, 30V

Měřeno po 168 hodinách po přípravě



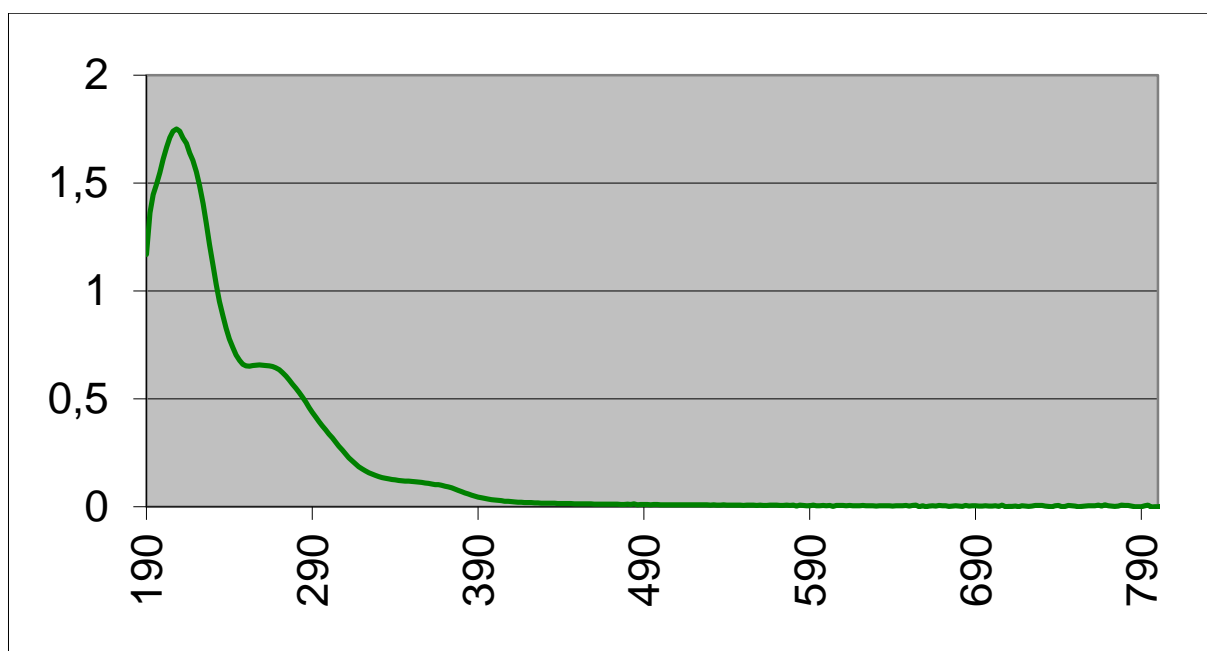
Obr. 13 – Koloid stříbra ve vodě – parametry přípravy: destilovaná voda, 5 min, 30V

Měřeno po 120 hodinách po přípravě



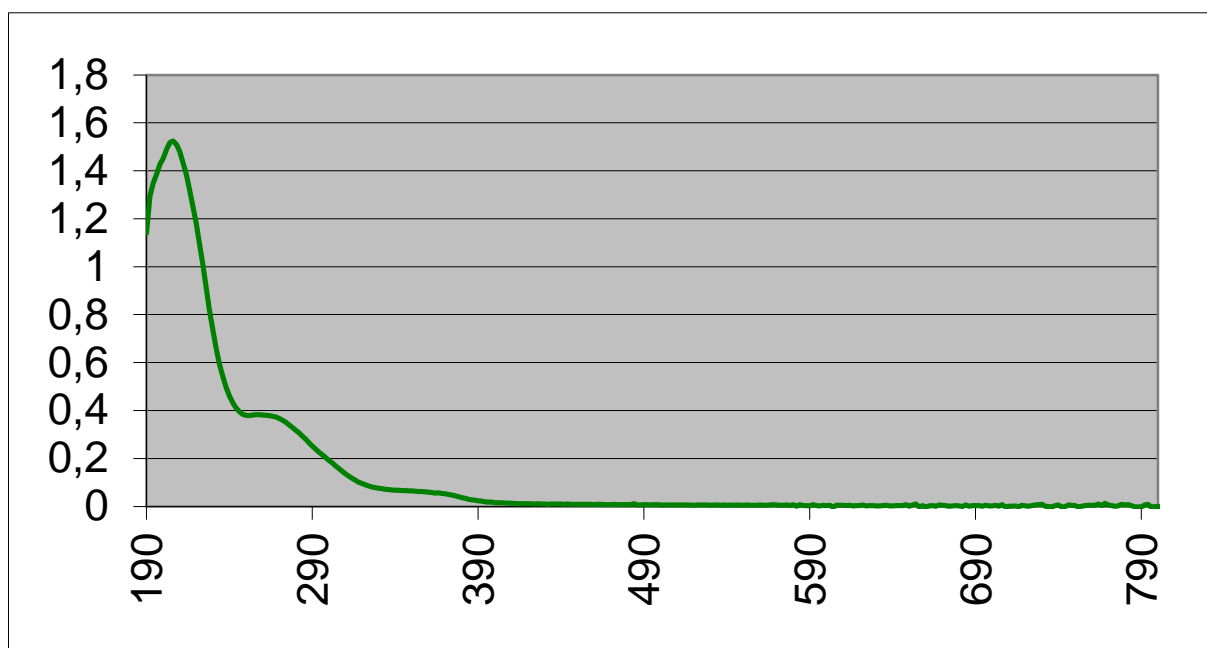
Obr. 14 – Koloid stříbra ve vodě – parametry přípravy: destilovaná voda, 10 min, 30V

Měřeno po 120 hodinách po přípravě



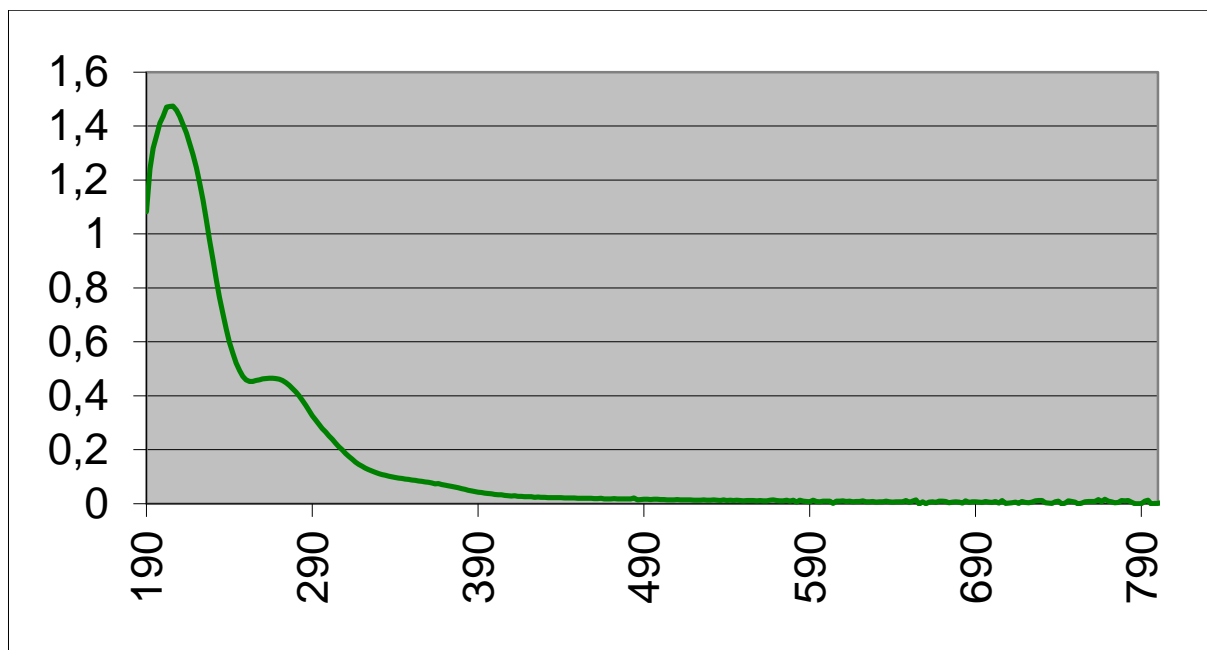
Obr. 15 – Koloid stříbra ve vodě – parametry přípravy: destilovaná voda, 15 min, 30V

Měřeno po 120 hodinách po přípravě



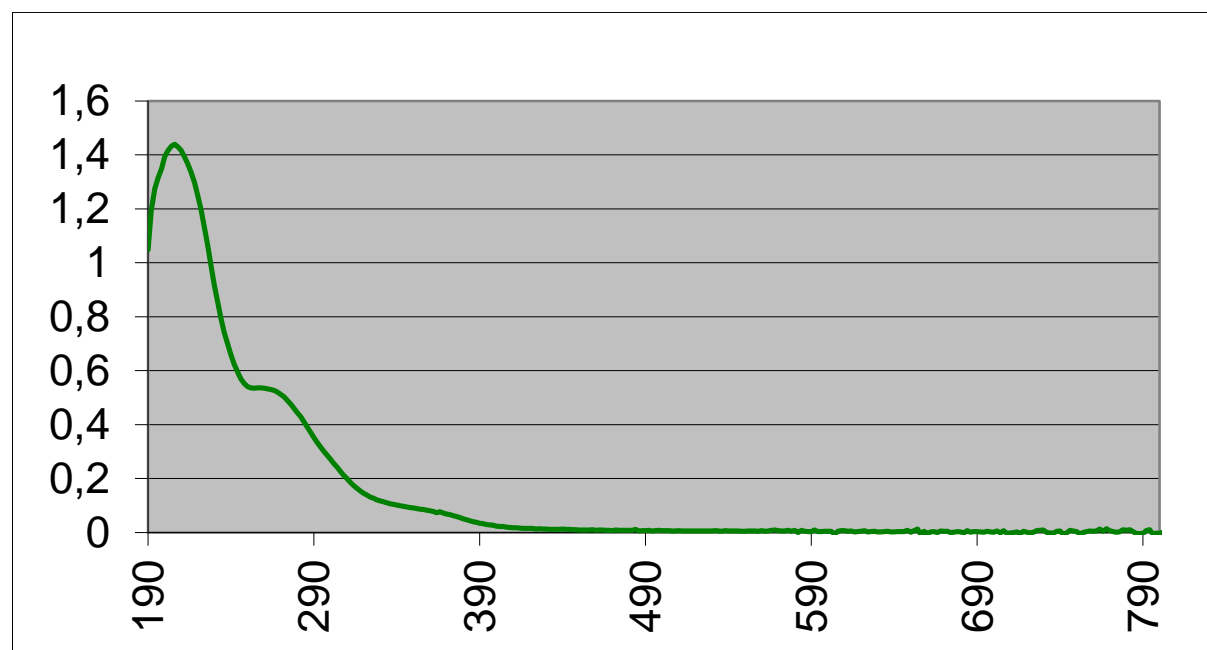
Obr.16– Koloid stříbra ve vodě – parametry přípravy: destilovaná voda, 30 min, 30V

Měřeno po 120 hodinách po přípravě



Obr.17– Koloid stříbra ve vodě – parametry přípravy: destilovaná voda, 45 min, 30V

Měřeno po 120 hodinách po přípravě

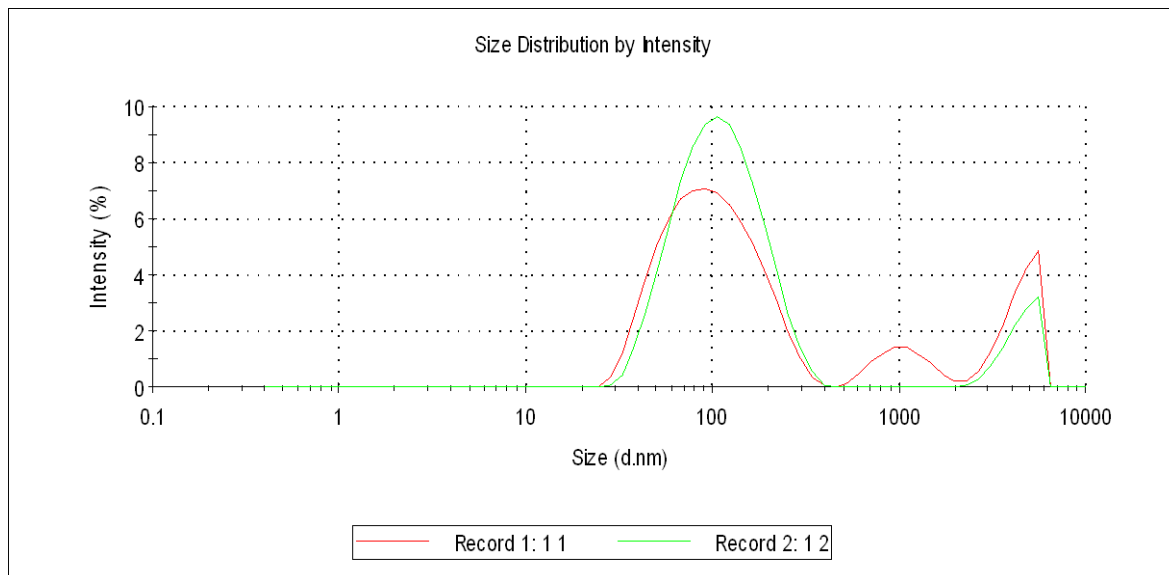


Obr.18– Koloid stříbra ve vodě – parametry přípravy: destilovaná voda, 60 min, 30V

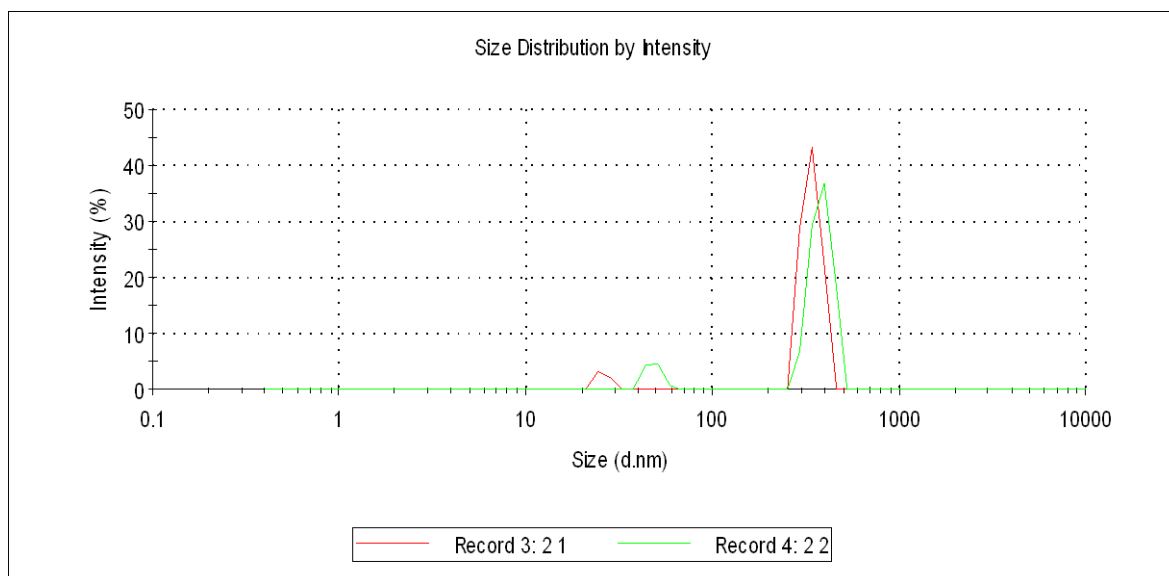
Měřeno po 120 hodinách po přípravě

Obrázky k metodice č. 3 – analýza velikosti částic

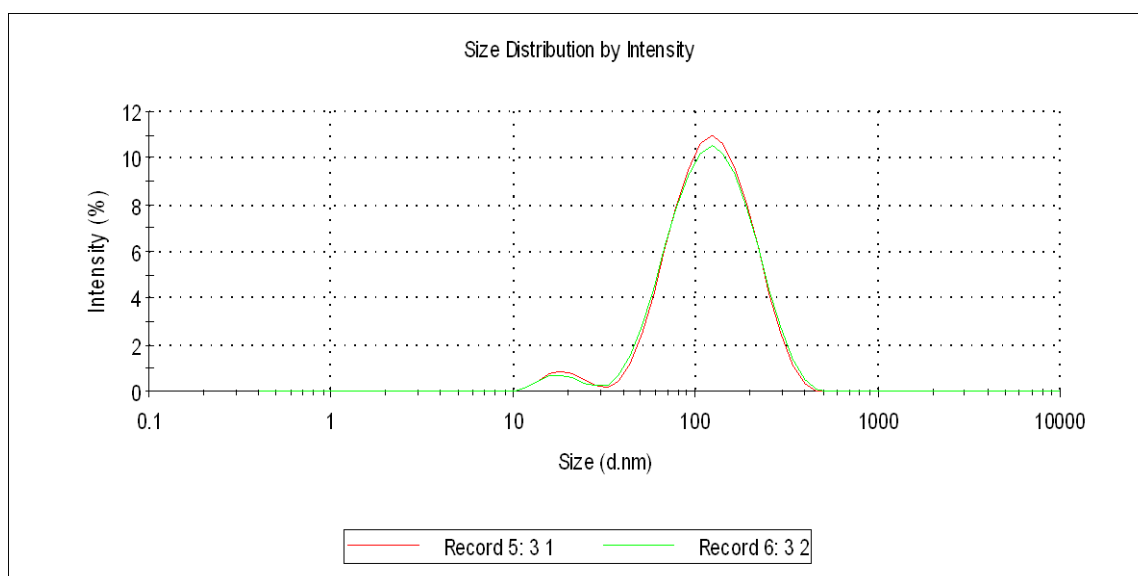
Zaznamenaný do grafu: intenzita částic závislá na velikosti částic



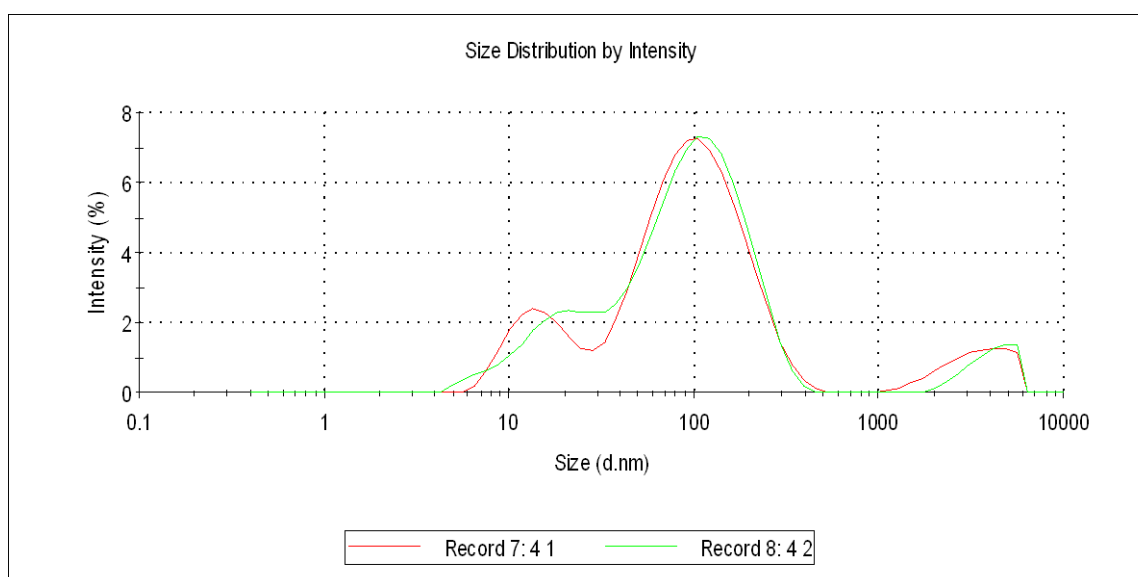
Obr. 1: Velikost částic s obsahem NaOH 0,005 g, Heptanol 0,05 g



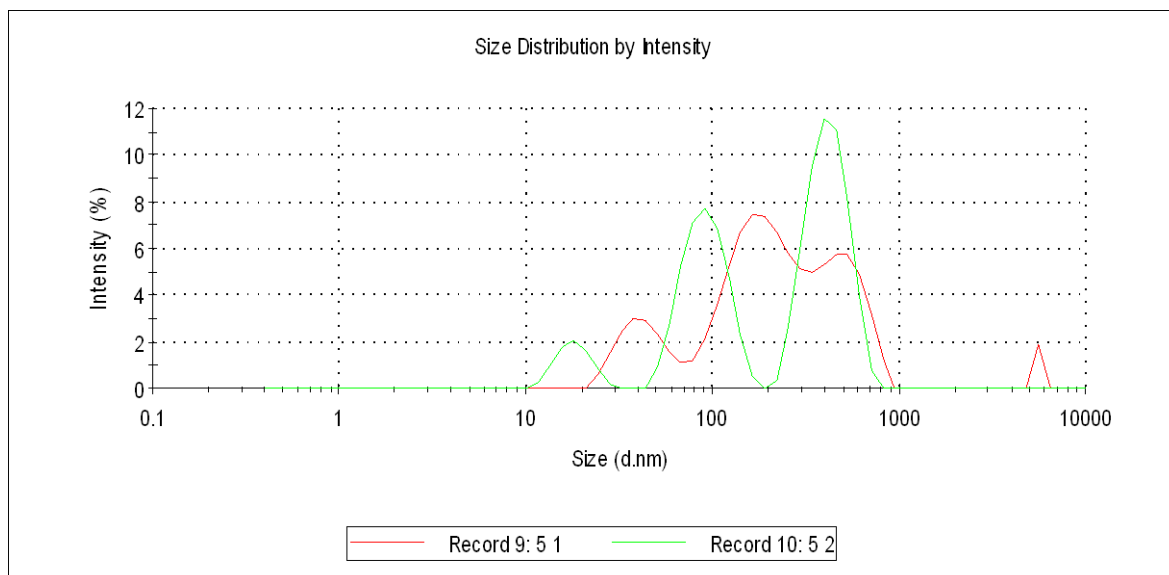
Obr. 2: Velikost částic s obsahem NaOH 0,005 g, Heptanol 0,25 g, pozn.: Nestálý vzorek, nevhodný pro měření



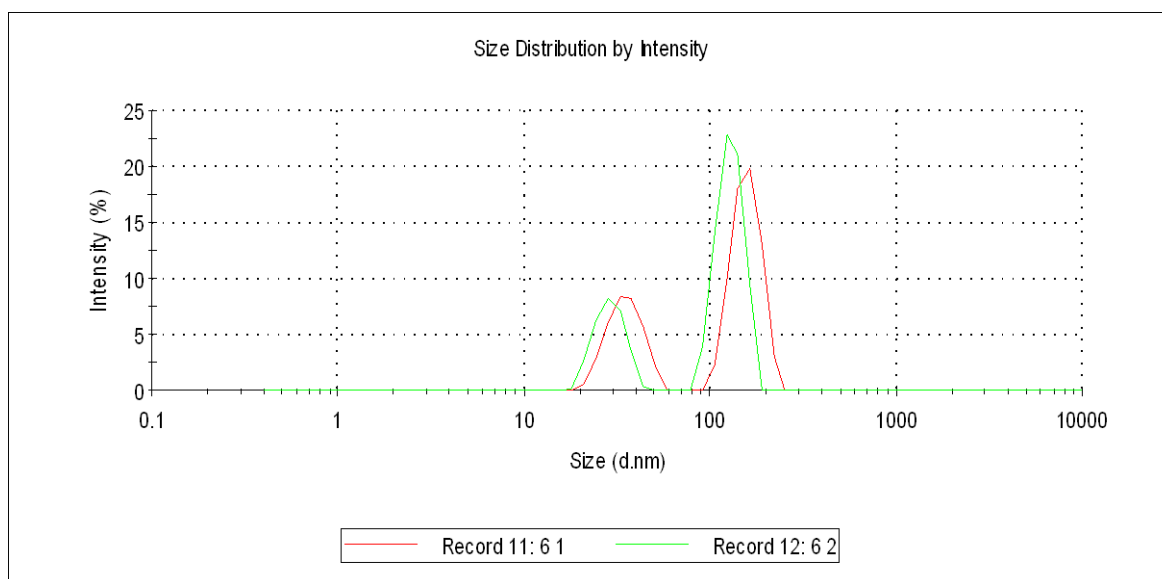
Obr. 3: Velikost částic s obsahem NaOH 0,005 g, Heptanol 0,5 g



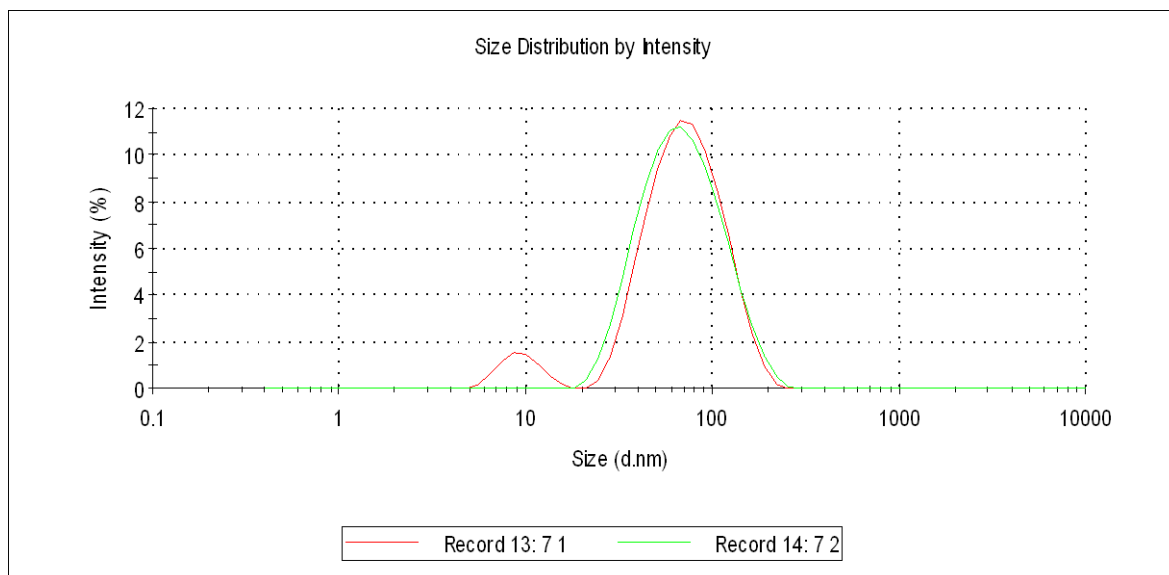
Obr. 4: Velikost částic s obsahem NaOH 0,005 g, Alfonal 0,05 g



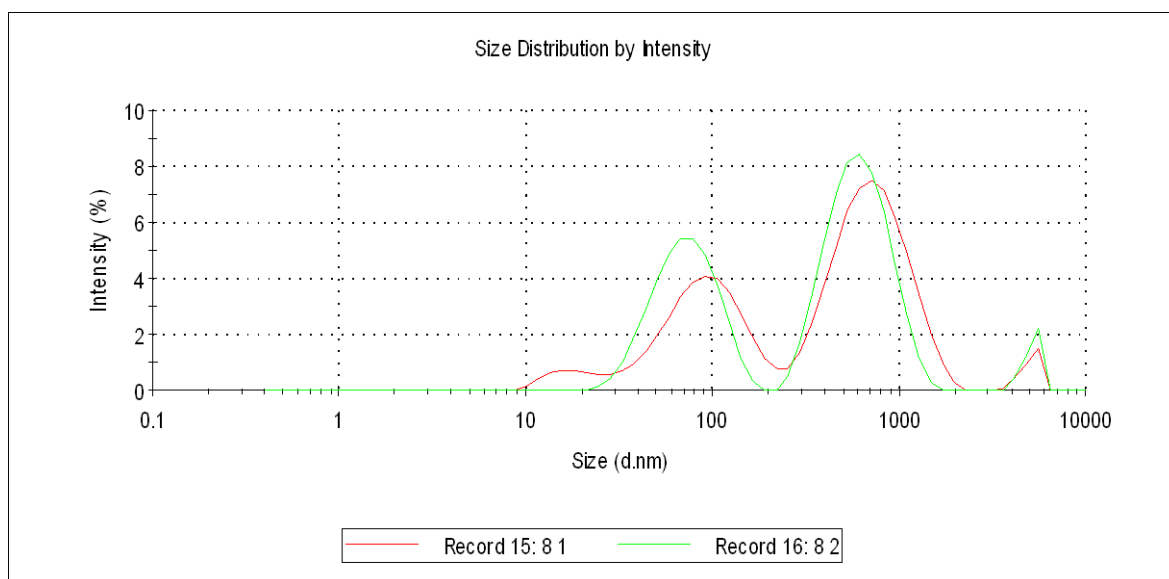
Obr. 5: Velikost částic s obsahem NaOH 0,005 g, Alfonal 0,25 g



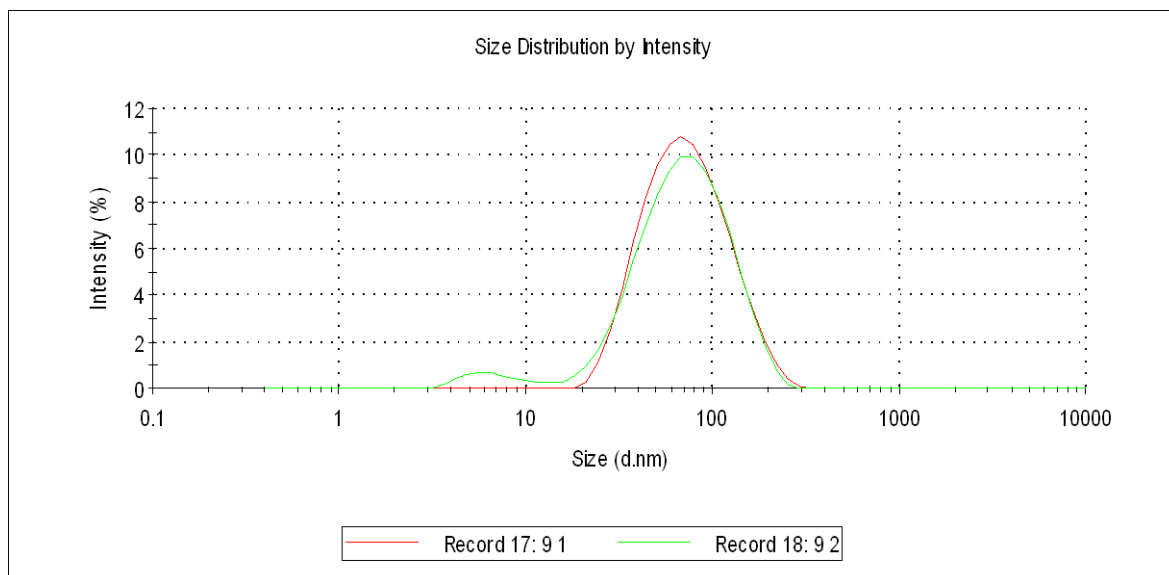
Obr. 6: Velikost částic s obsahem NaOH 0,005 g, Alfonal 0,5 g



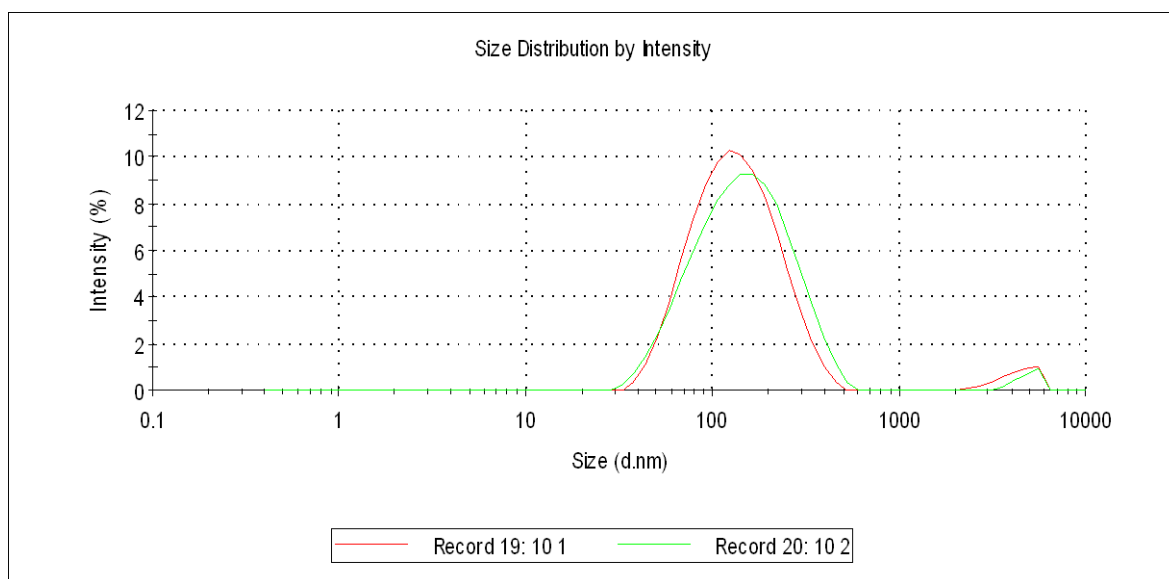
Obr. 7: Velikost částic s obsahem NaOH 0,005 g, Slovafof 0,05 g



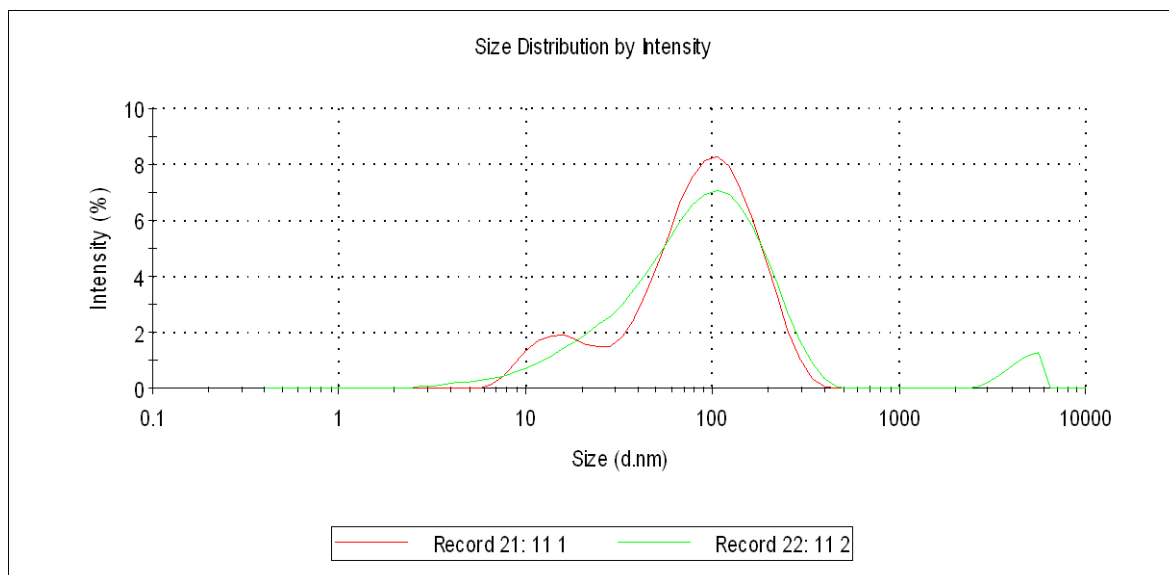
Obr. 8: Velikost částic s obsahem NaOH 0,005 g, Slovafof 0,25 g



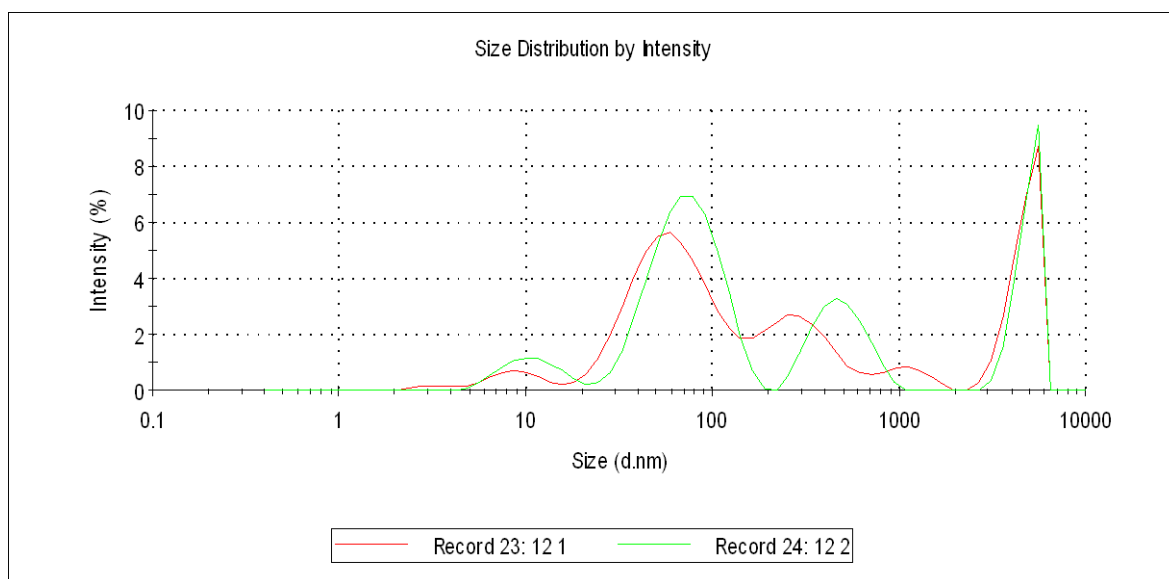
Obr. 9: Velikost částic s obsahem NaOH 0,005 g, Slovafof 0,5 g



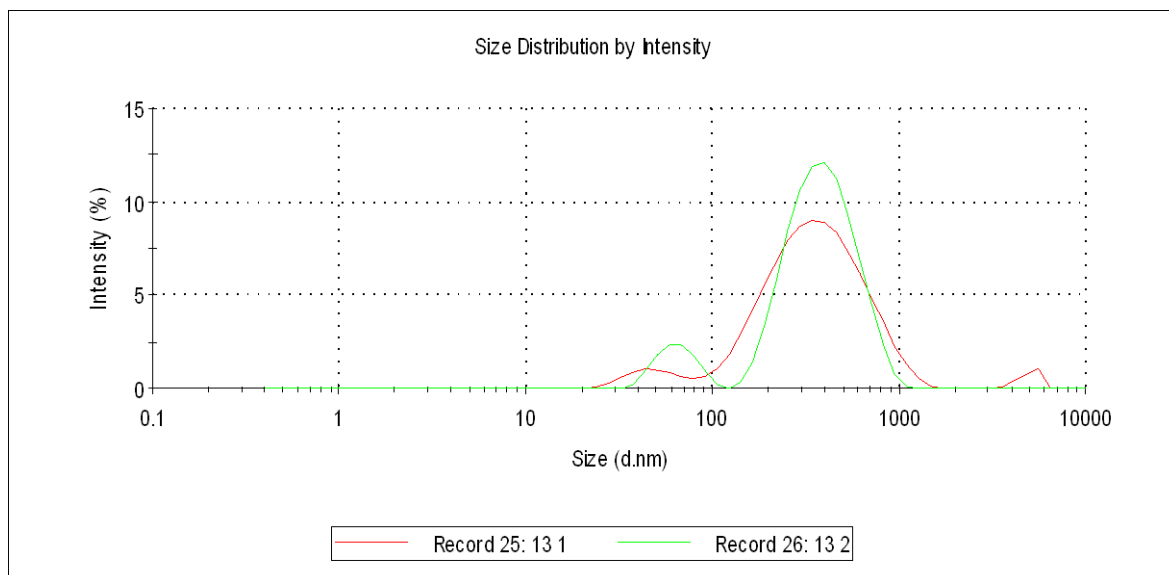
Obr. 10: Velikost částic s obsahem NaOH 0,005 g



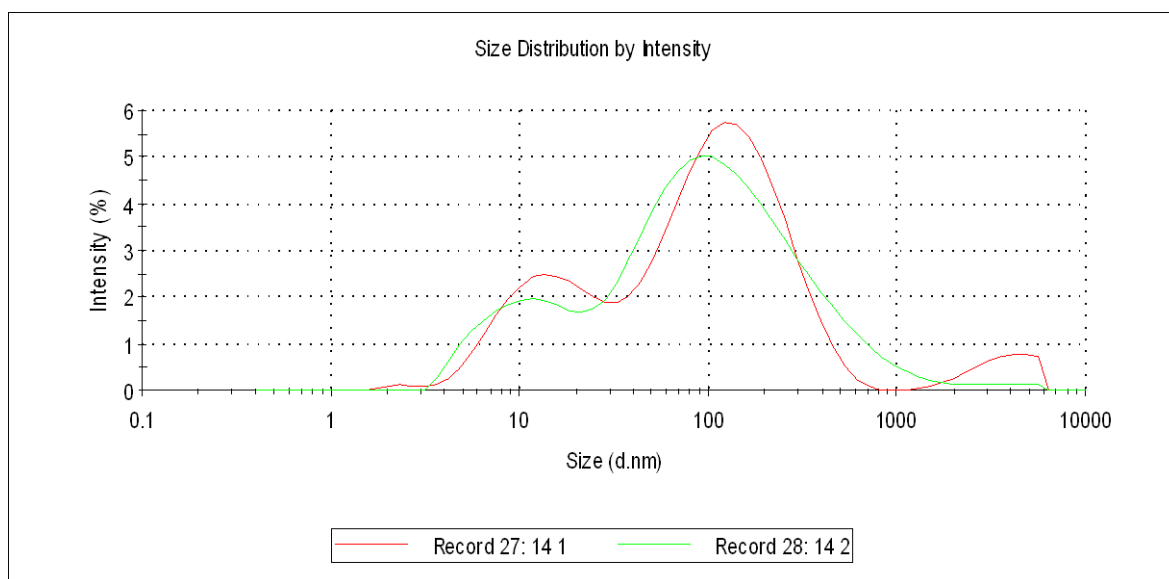
Obr. 11: Velikost částic s obsahem NaOH 0,005 g, Heptanol 0,05g, Alfonal 0,05g



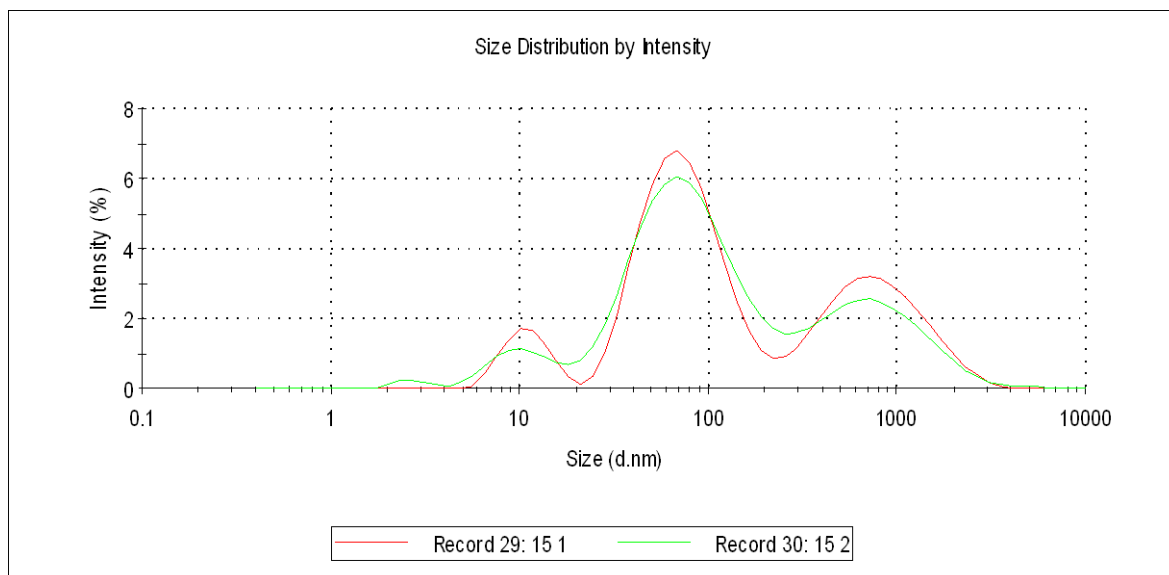
Obr. 12: Velikost částic s obsahem NaOH 0,005 g, Heptanol 0,25g, Alfonal 0,25g



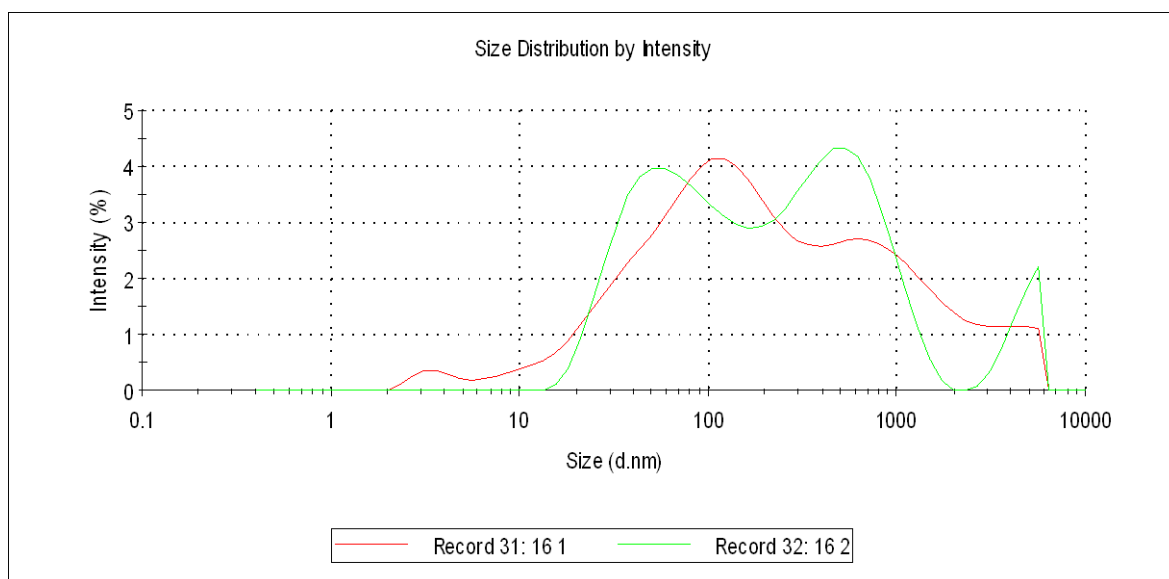
Obr. 13: Velikost částeč s obsahem NaOH 0,005 g, Heptanol 0,5g, Alfonal 0,5g



Obr. 14: Velikost částeč s obsahem NaOH 0,005 g, Heptanol 0,05g, Slovafol 0,05g

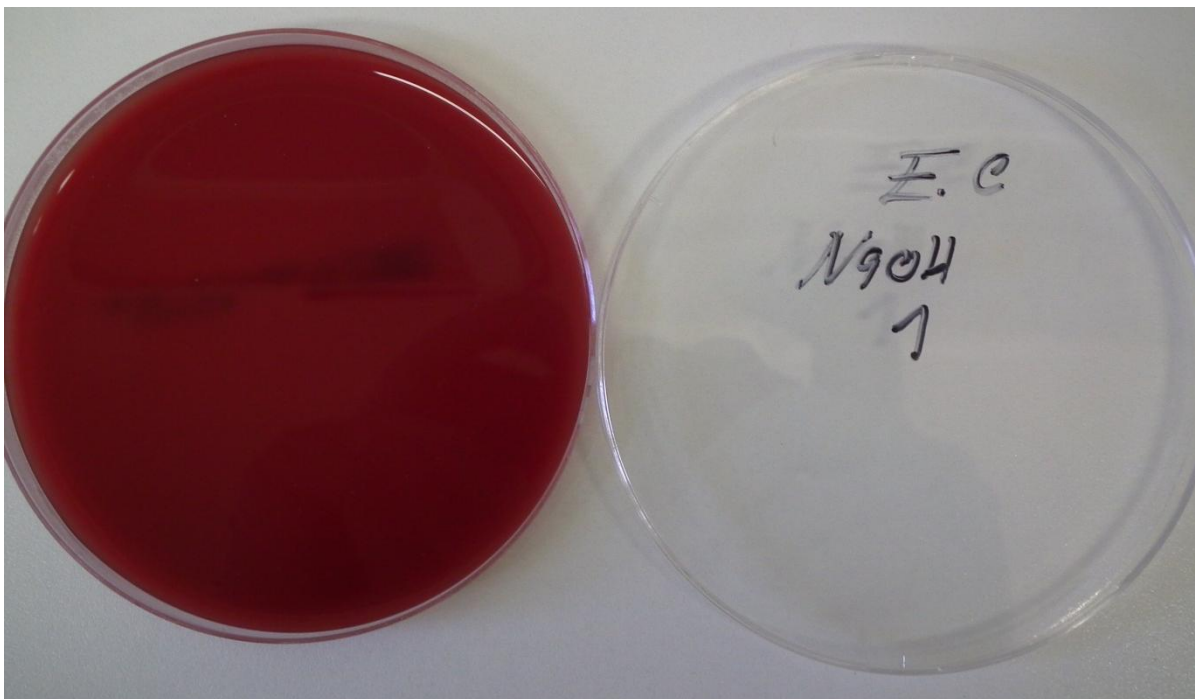


Obr. 15: Velikost částic s obsahem NaOH 0,005 g, Heptanol 0,25g, Slovafol 0,25g

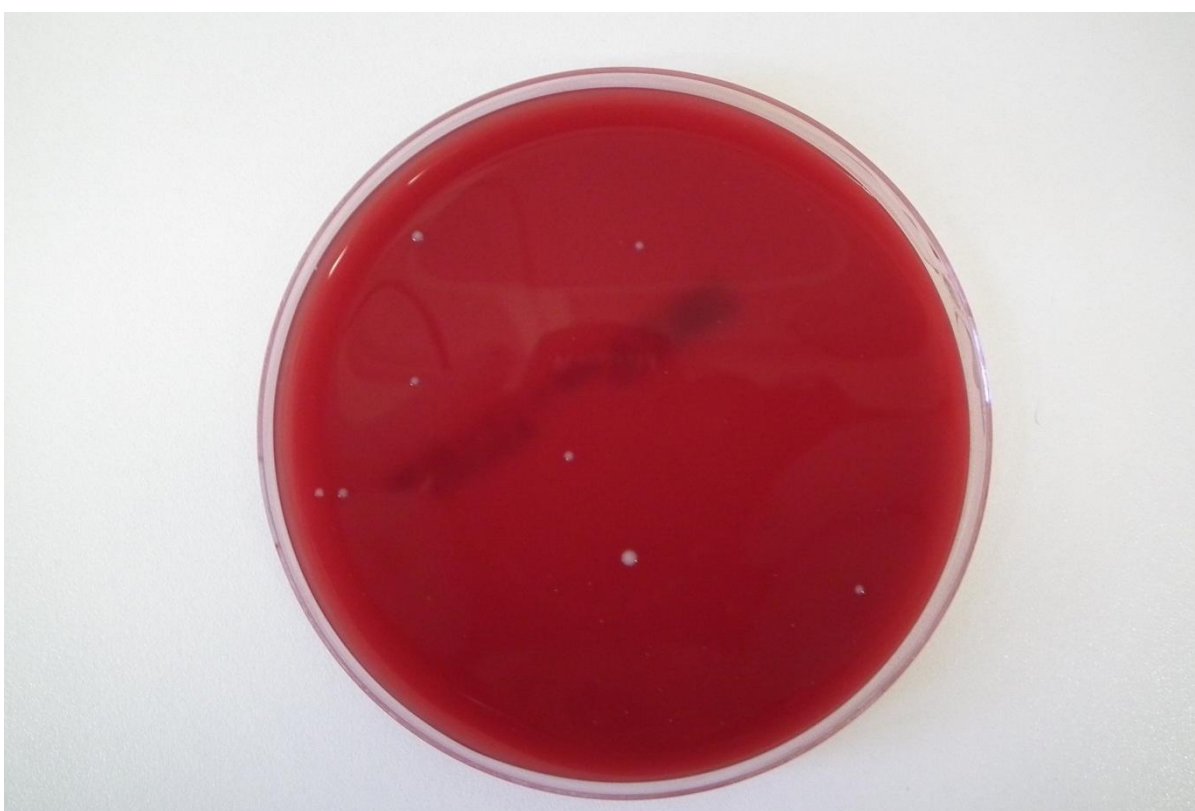
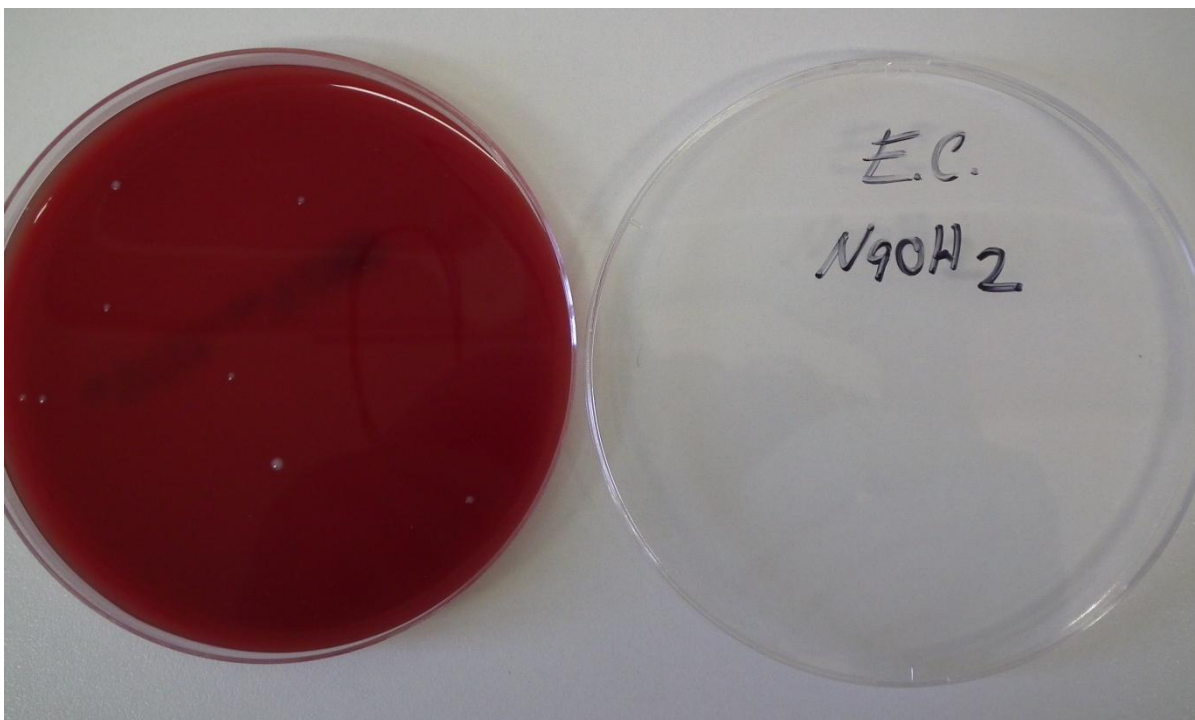


Obr. 16: Velikost částic s obsahem NaOH 0,005 g, Heptanol 0,5g, Slovafol 0,5g

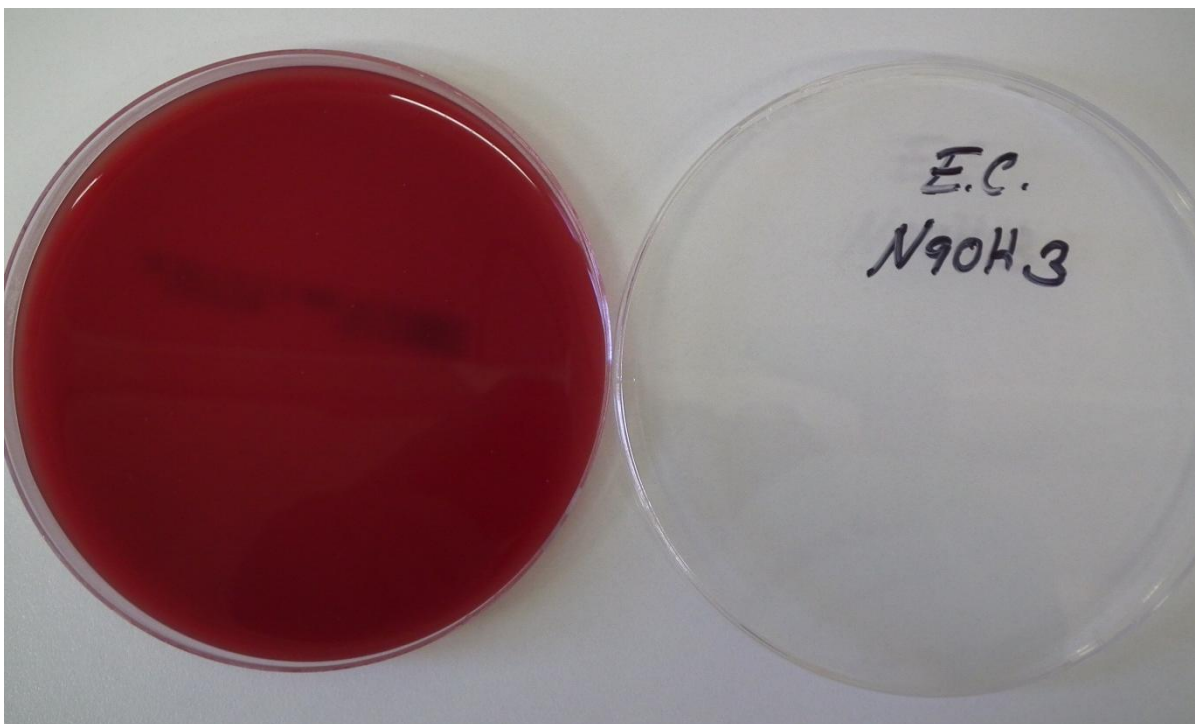
Obrázky k metodice č. 5 – antimikrobiální úprava



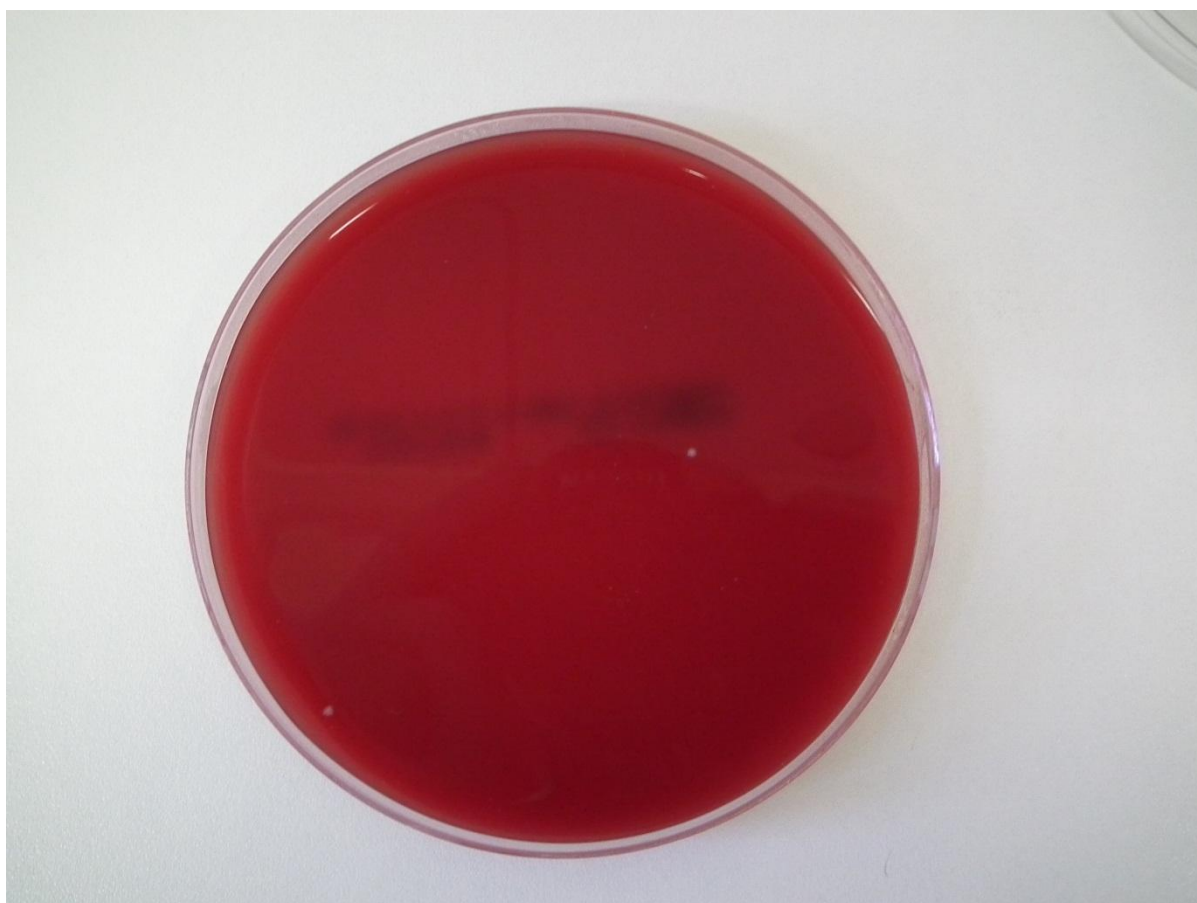
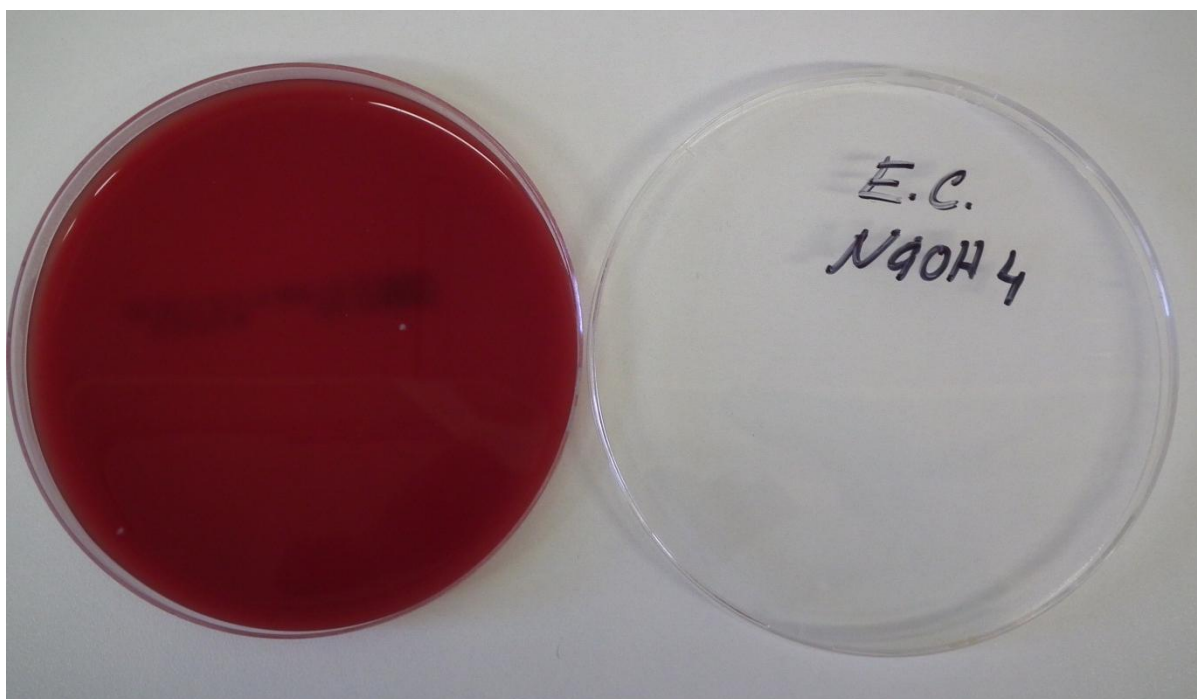
Obr. 1: Koloidní roztok stříbra s přidáním 0,005g NaOH, 0,05g Heptanolu. Bez bakteriálních kolonií – **100% inhibice**.



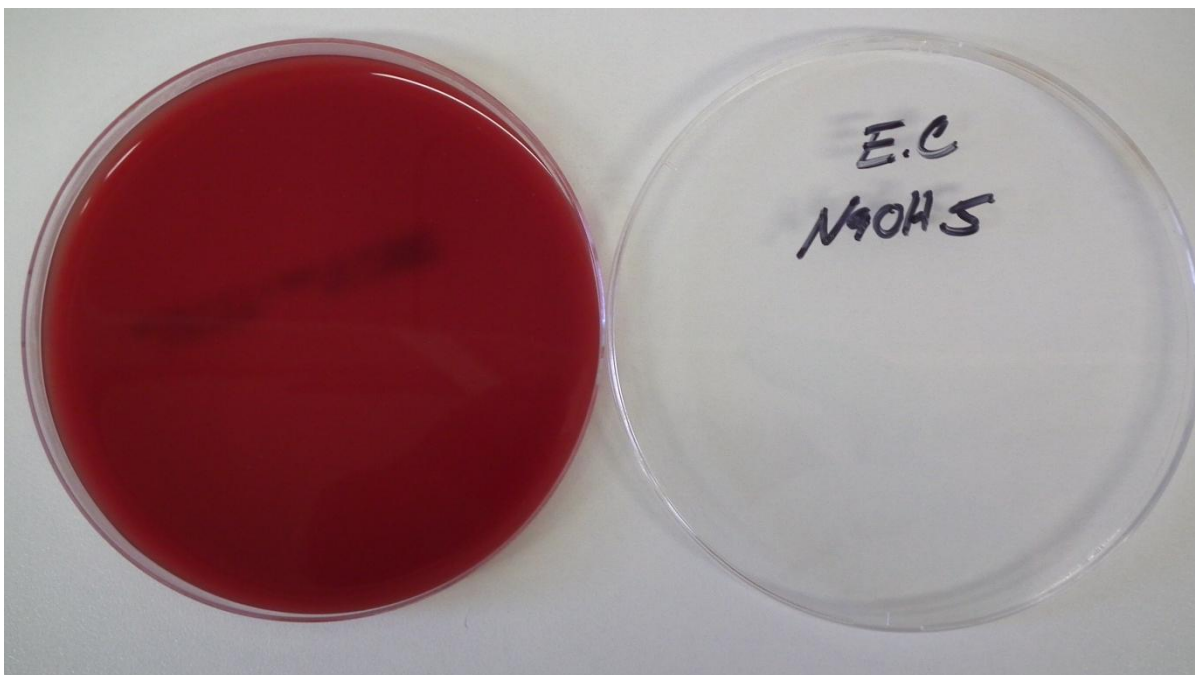
Obr. 2: Koloidní roztok stříbra s přidáním 0,005g NaOH, 0,25g Heptanolu. Počet obnovených bakteriálních kolonií – 8.... **99,2% inhibice.**



Obr. 3: Koloidní roztok stříbra s přidáním 0,005g NaOH, 0,5g Heptanolu. Bez bakteriálních kolonií – **100% inhibice**.



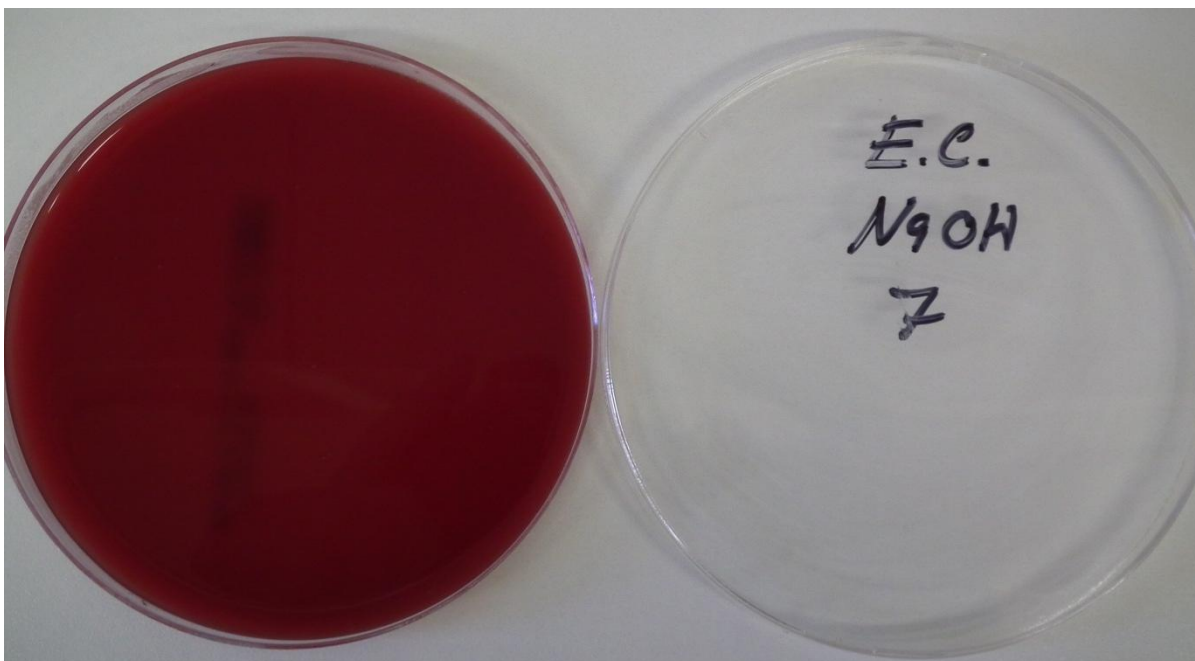
Obr. 4: Koloidní roztok stříbra s přidáním 0,005g NaOH, 0,05g Alfonalu. Počet obnovených bakteriálních kolonií – 2..... **99,8% inhibice**.



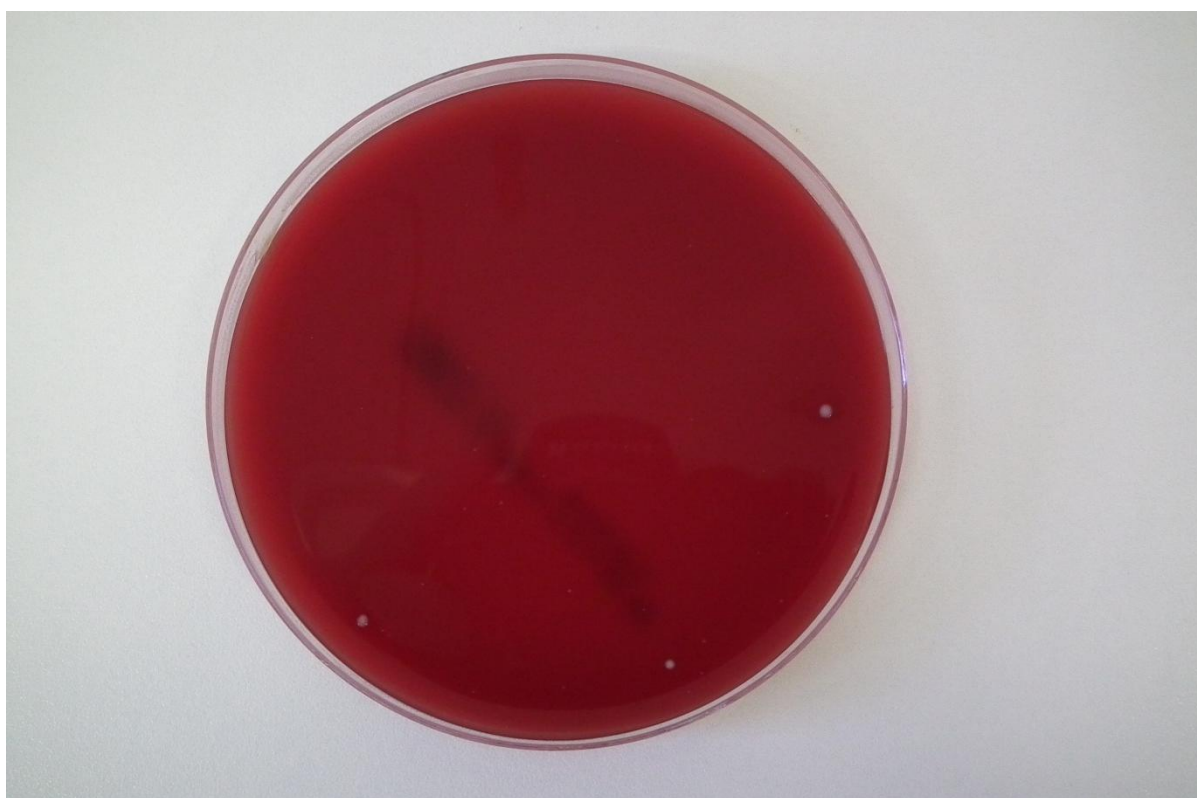
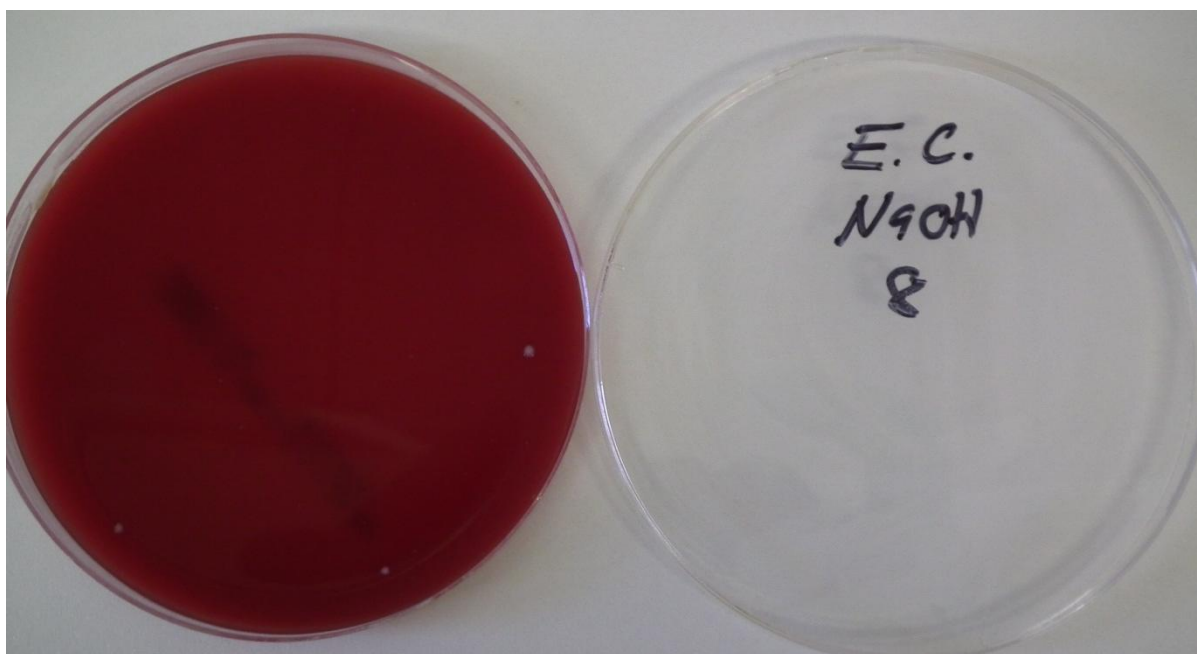
Obr. 5: Koloidní roztok stříbra s přidáním 0,005g NaOH, 0,25g Alfonalu. Bez bakteriálních kolonií – **100% inhibice**.



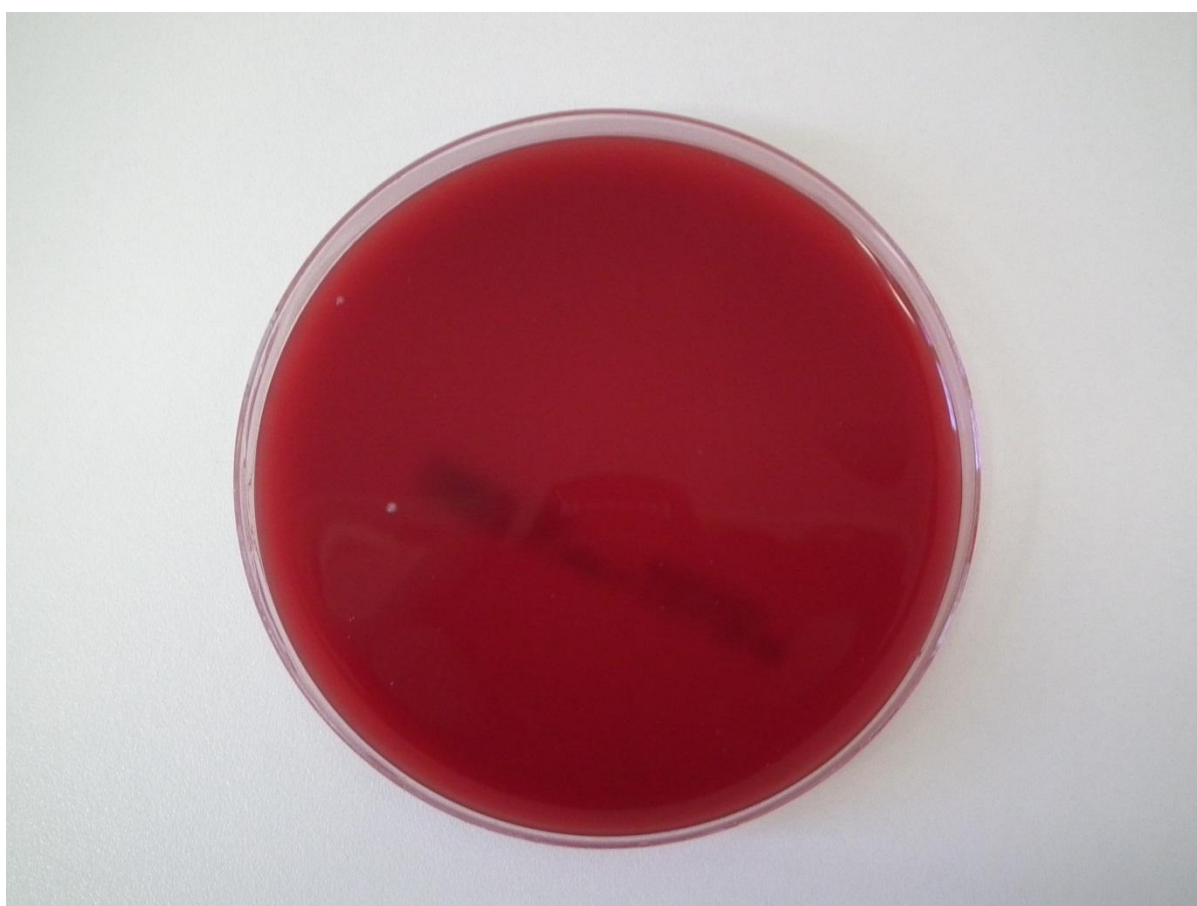
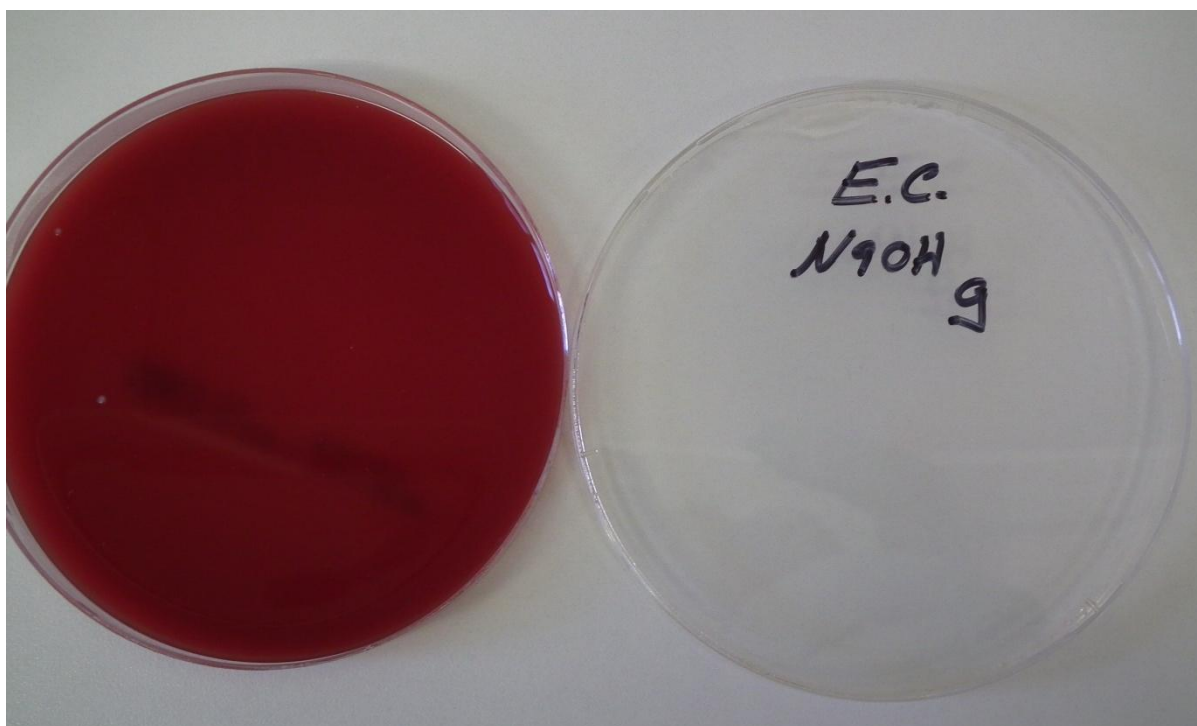
Obr. 6: Koloidní roztok stříbra s přidáním 0,005g NaOH, 0,5g Alfonalu. Bez bakteriálních kolonií – **100% inhibice**.



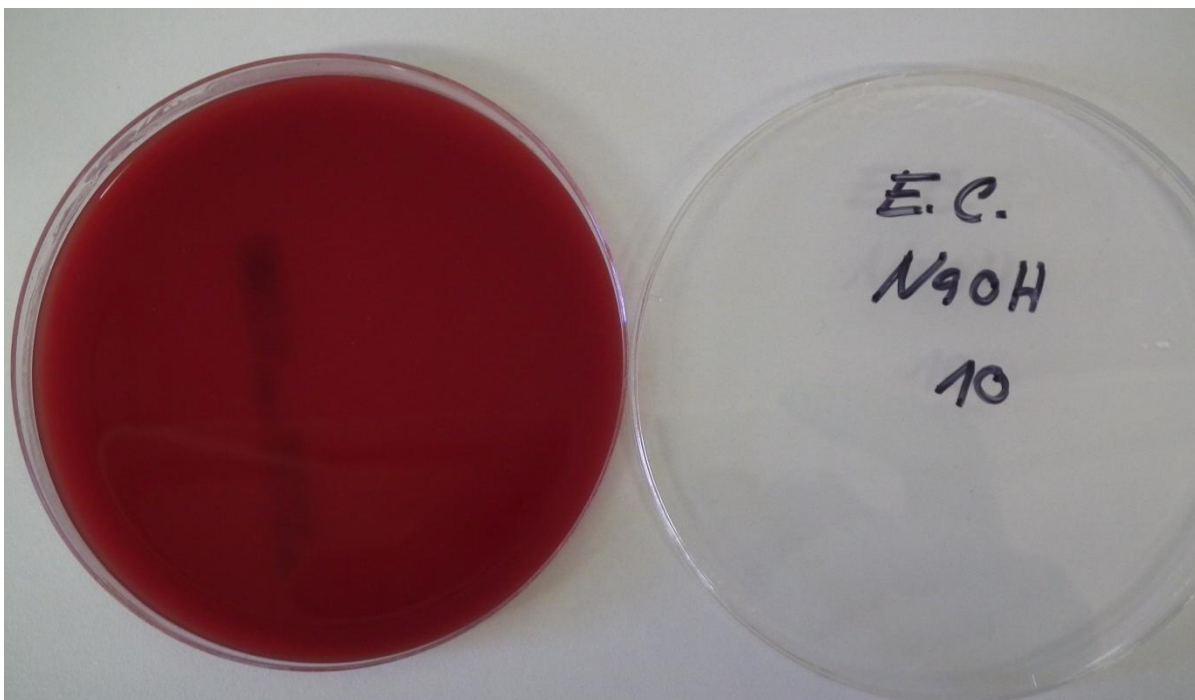
Obr. 7: Koloidní roztok stříbra s přidáním 0,005g NaOH, 0,05g Slovafolu. Bez bakteriálních kolonií – **100% inhibice**.



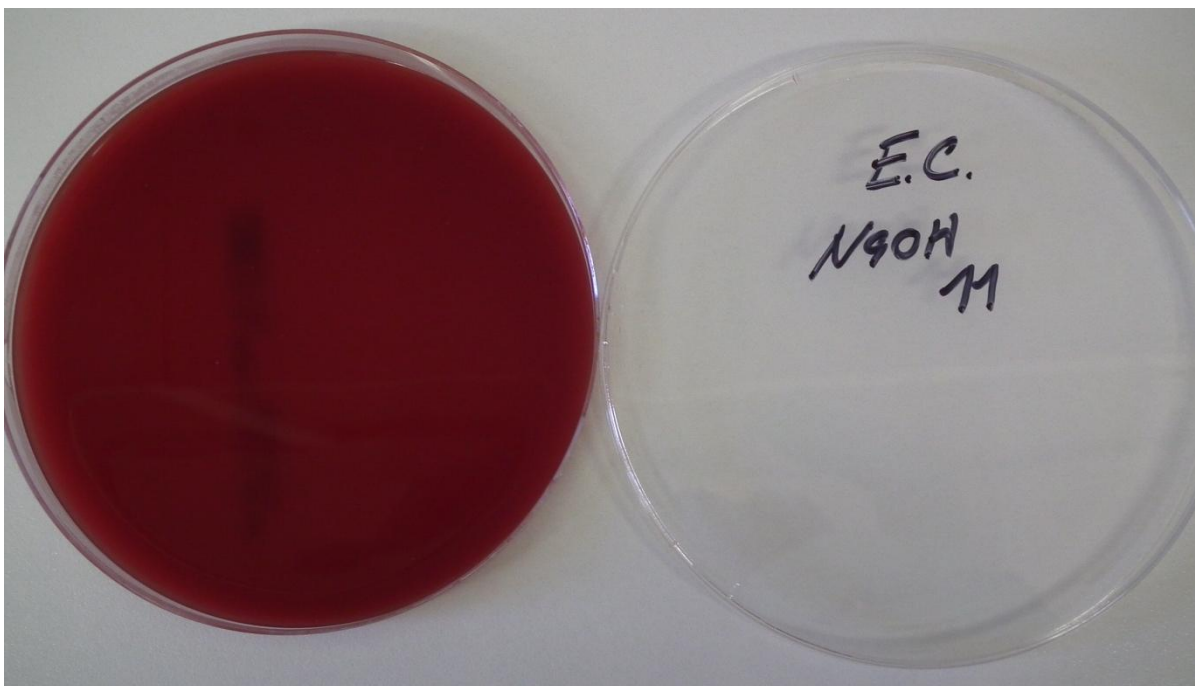
Obr. 8: Koloidní roztok stříbra s přidáním 0,005g NaOH, 0,25g Slovafolu. Počet obnovených bakteriálních kolonií – 3..... **99,7% inhibice.**



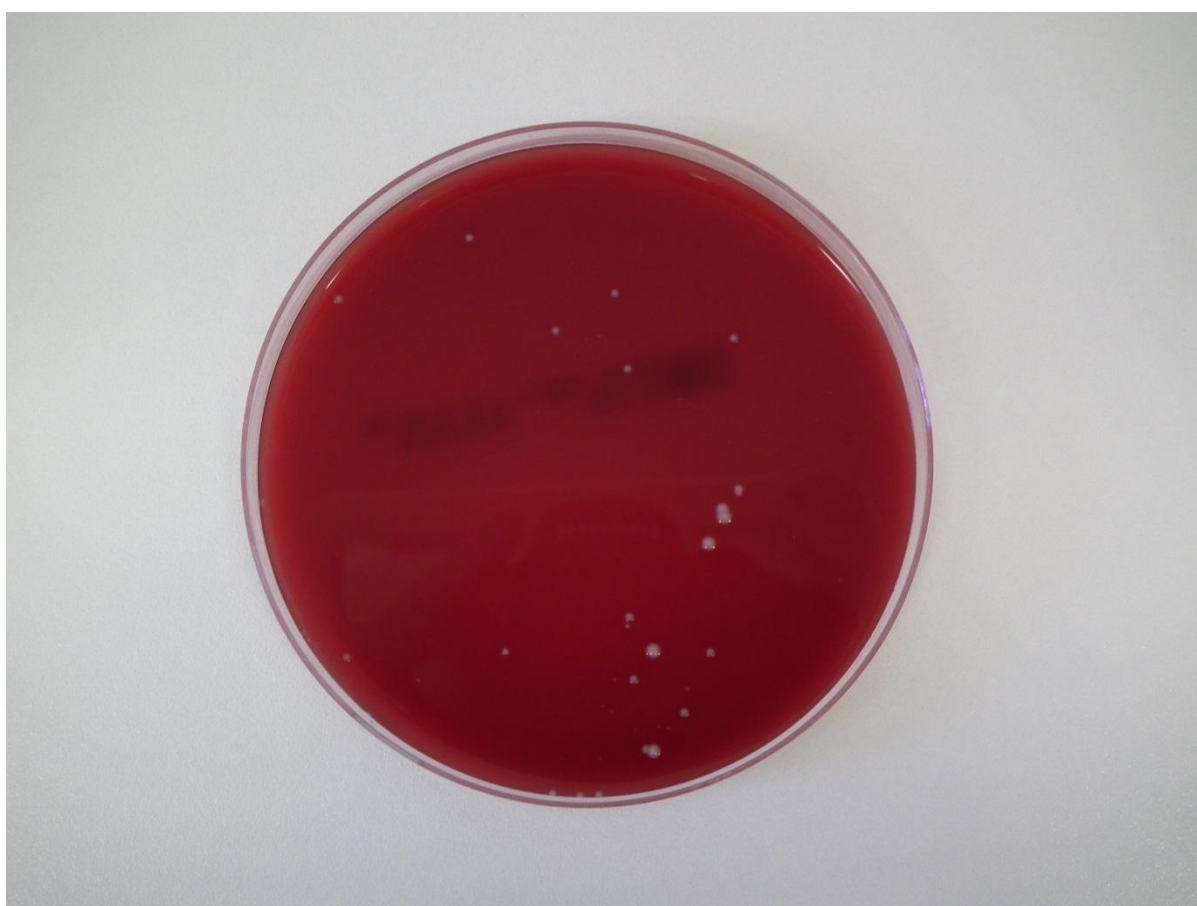
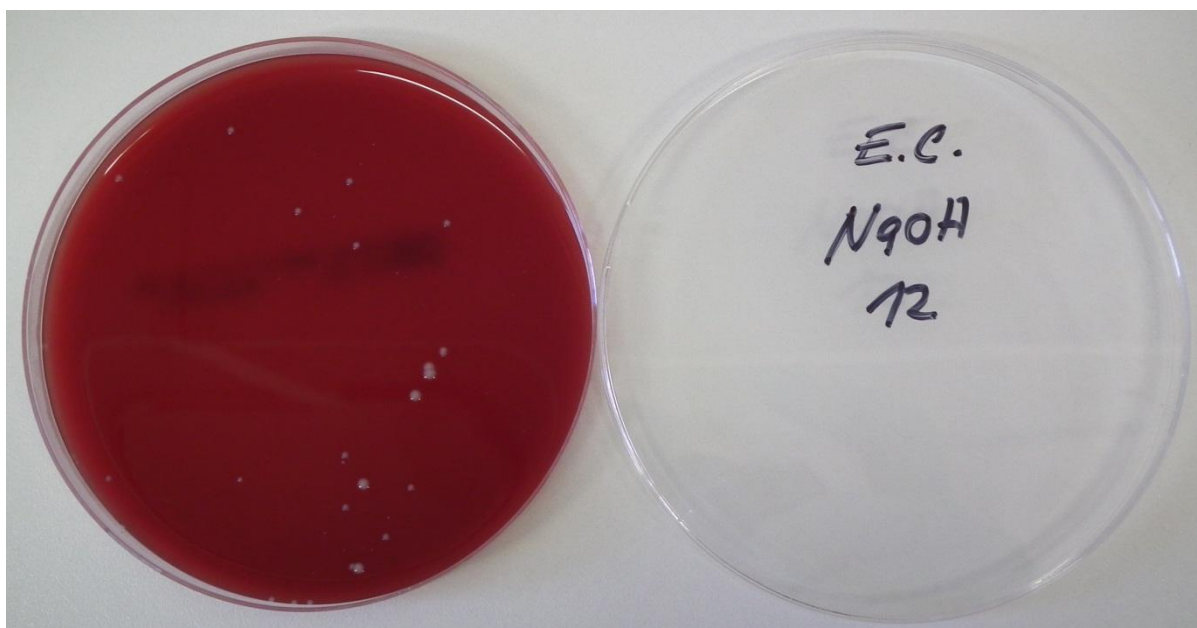
Obr. 9: Koloidní roztok stříbra s přidáním 0,005g NaOH, 0,5g Slovafolu. Počet obnovených bakteriálních kolonií – 2..... **99,8% inhibice.**



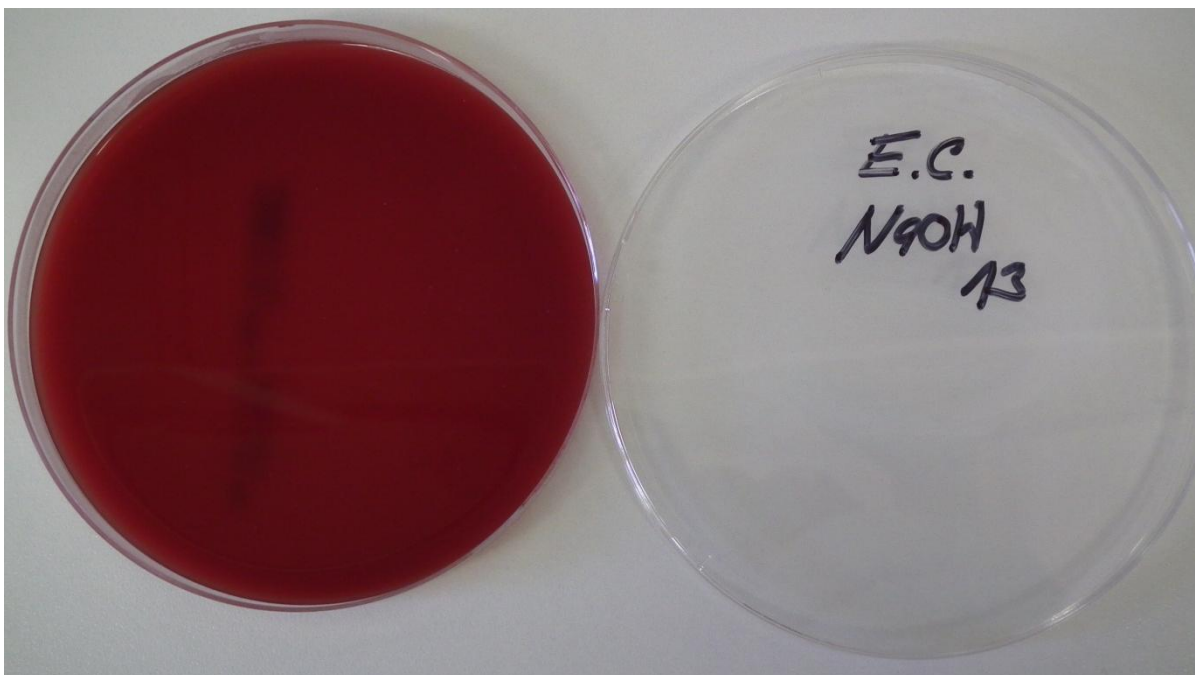
Obr. 10: Koloidní roztok stříbra s přidáním 0,005g NaOH. Bez bakteriálních kolonií
– **100% inhibice**



Obr. 11: Koloidní roztok stříbra s přidáním 0,005g NaOH, 0,05g Heptanolu, 0,05g
Alfonalu. Bez bakteriálních kolonií – **100% inhibice**



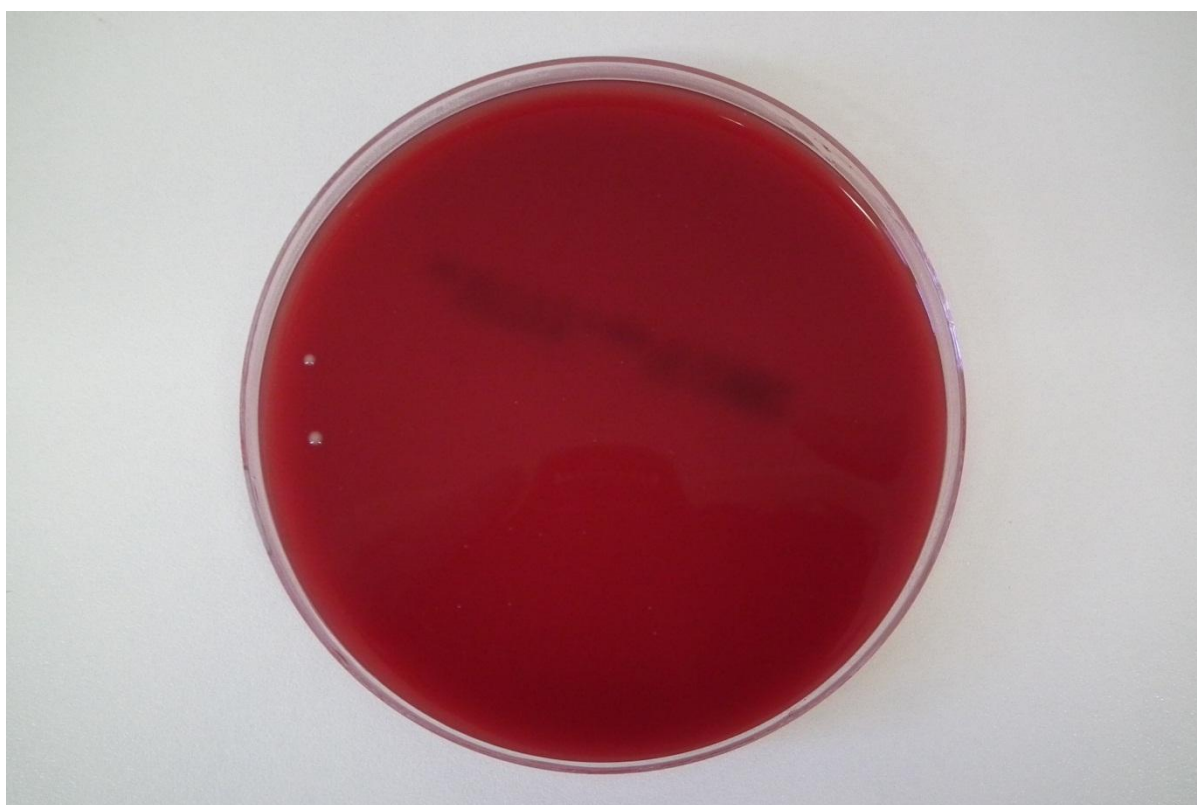
Obr. 12: Koloidní roztok stříbra s přidáním 0,005g NaOH, 0,25g Heptanolu, 0,25g Alfonalu. Počet obnovených bakteriálních kolonií – 26..... **97,4% inhibice**



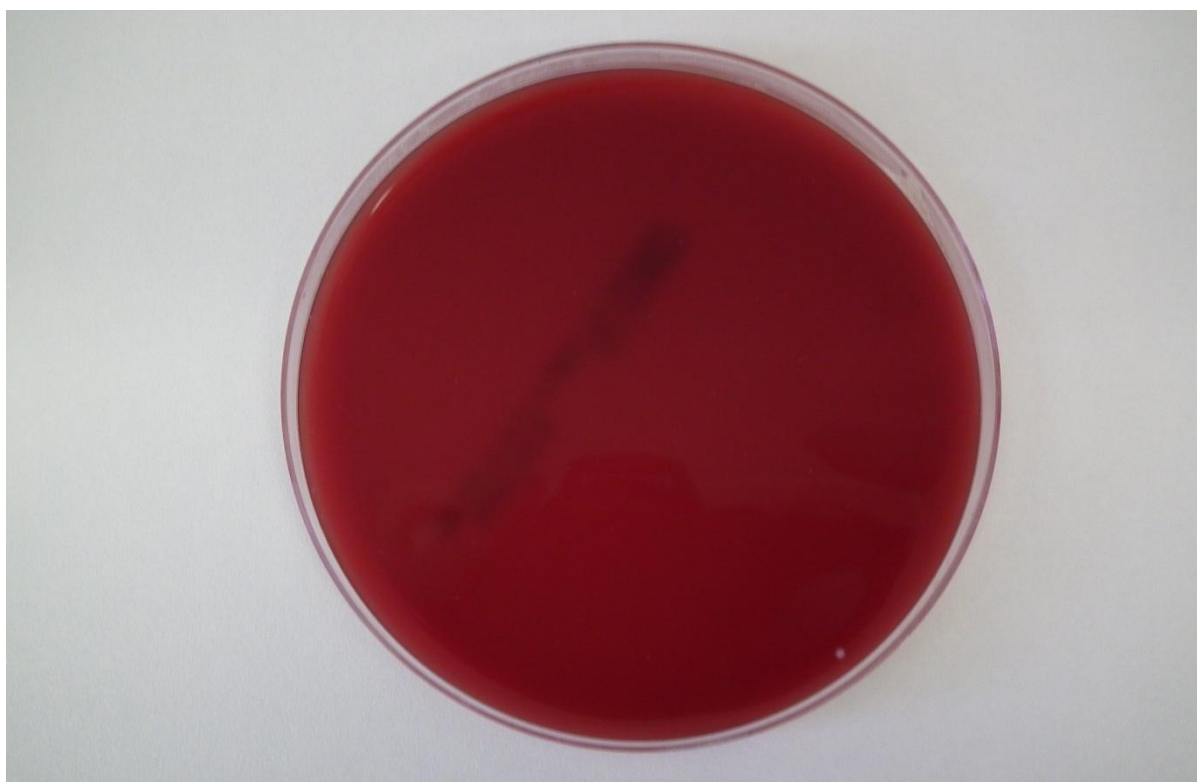
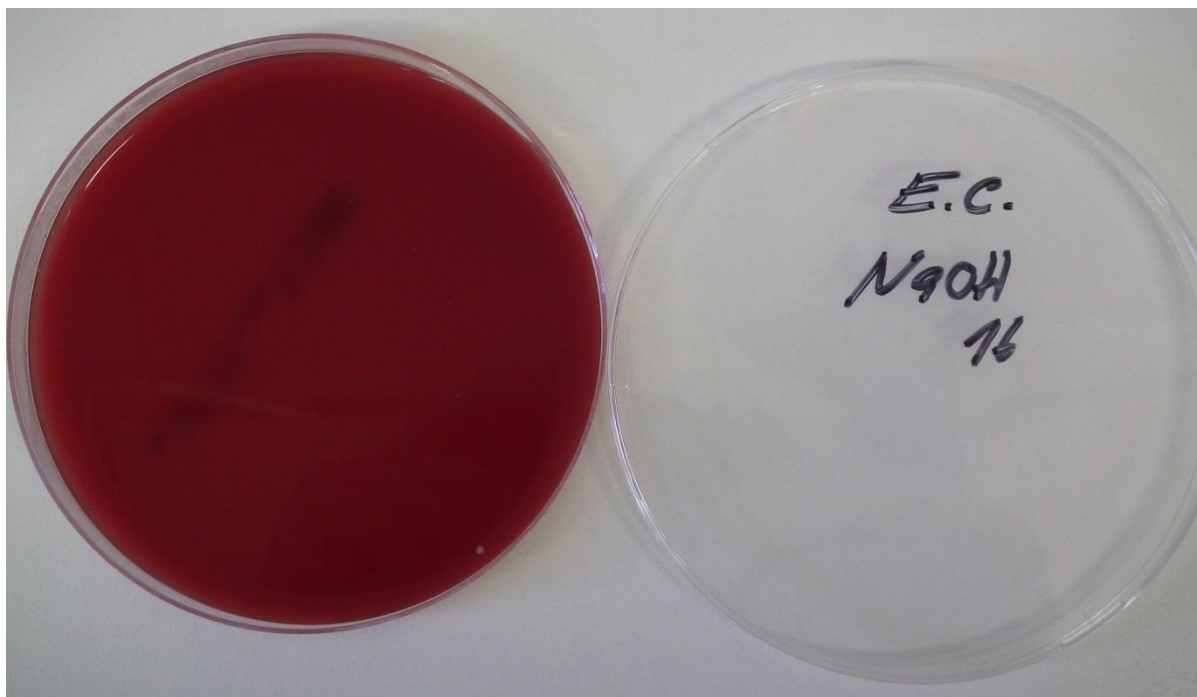
Obr. 13: Koloidní roztok stříbra s přidáním 0,005g NaOH, 0,5g Heptanolu, 0,5g Alfonalu. Bez bakteriálních kolonií – **100% inhibice**



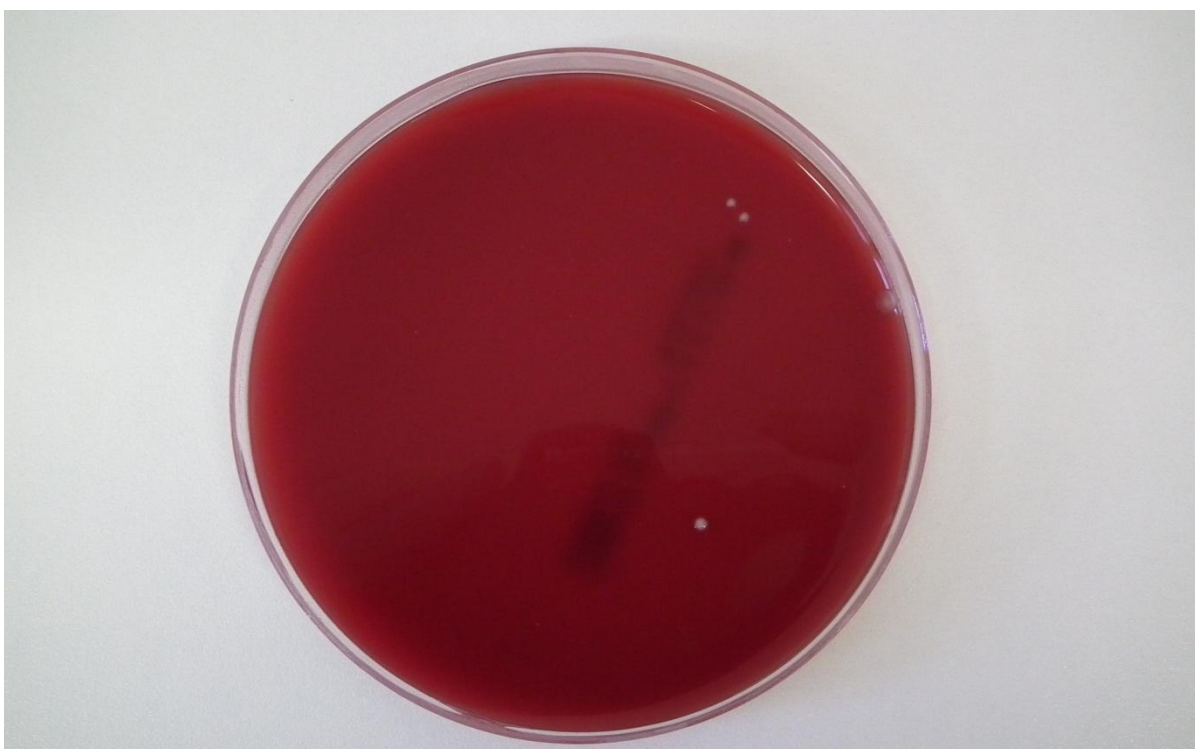
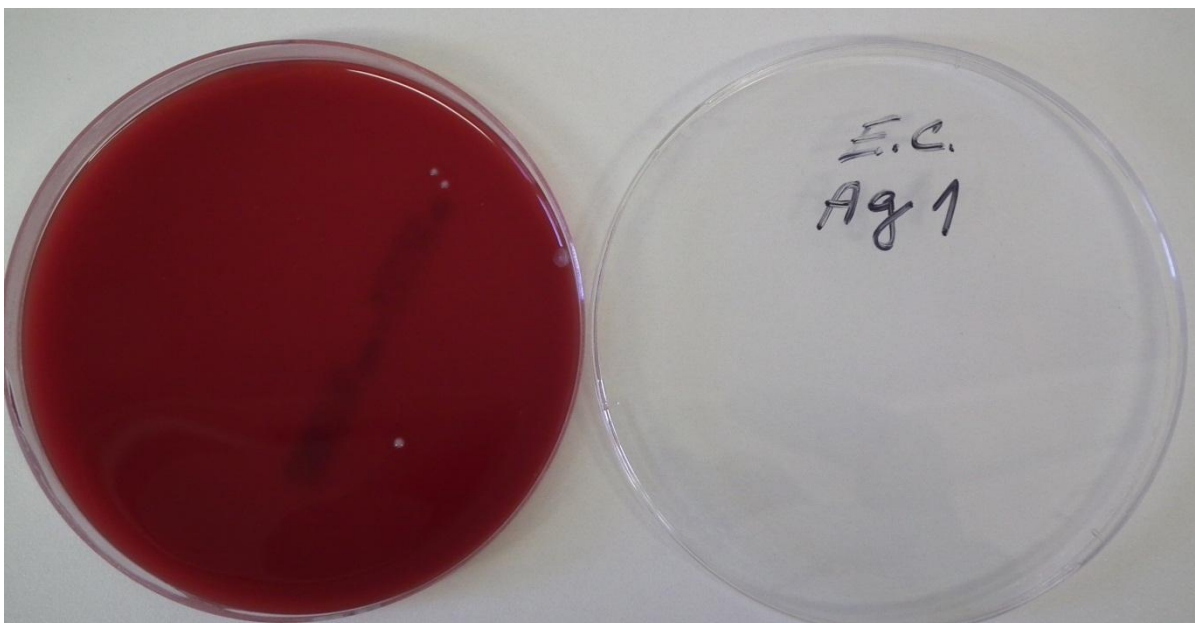
Obr. 14: Koloidní roztok stříbra s přidáním 0,005g NaOH, 0,05g Heptanolu, 0,05g Slovafolu. Bez bakteriálních kolonií – **100% inhibice**



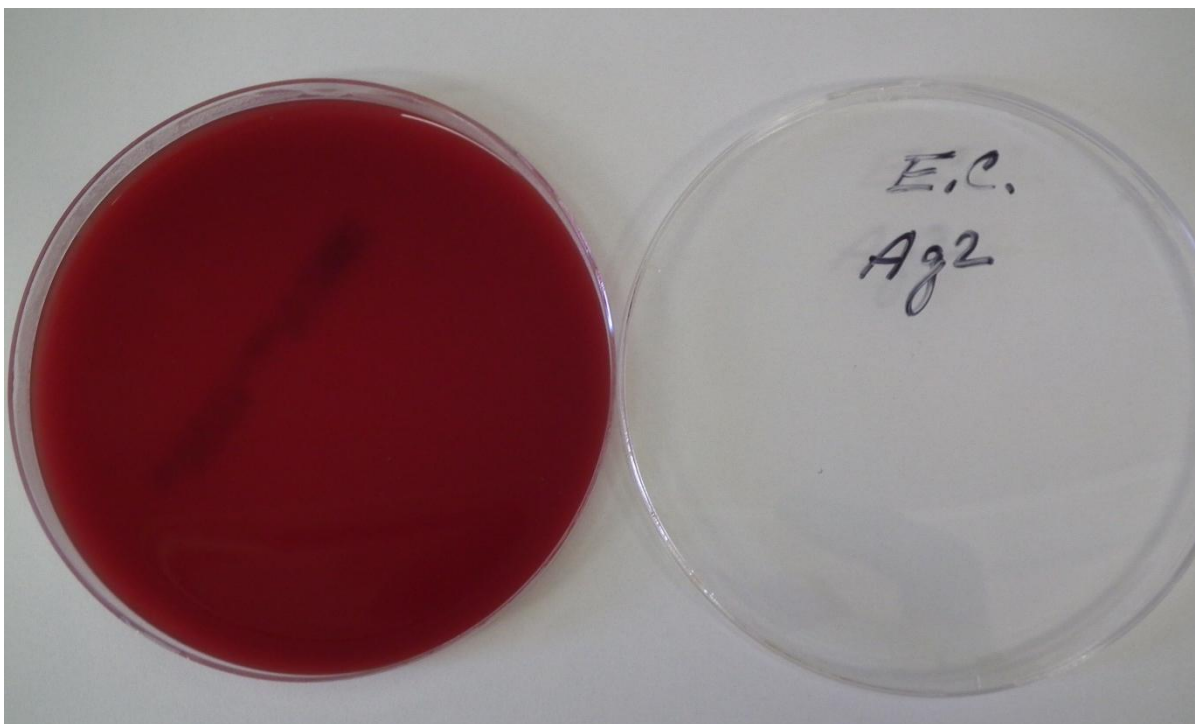
Obr. 15: Koloidní roztok stříbra s přidáním 0,005g NaOH, 0,25g Heptanolu, 0,25g Slovafolu Počet obnovených bakteriálních kolonií – 2..... **99,8% inhibice**



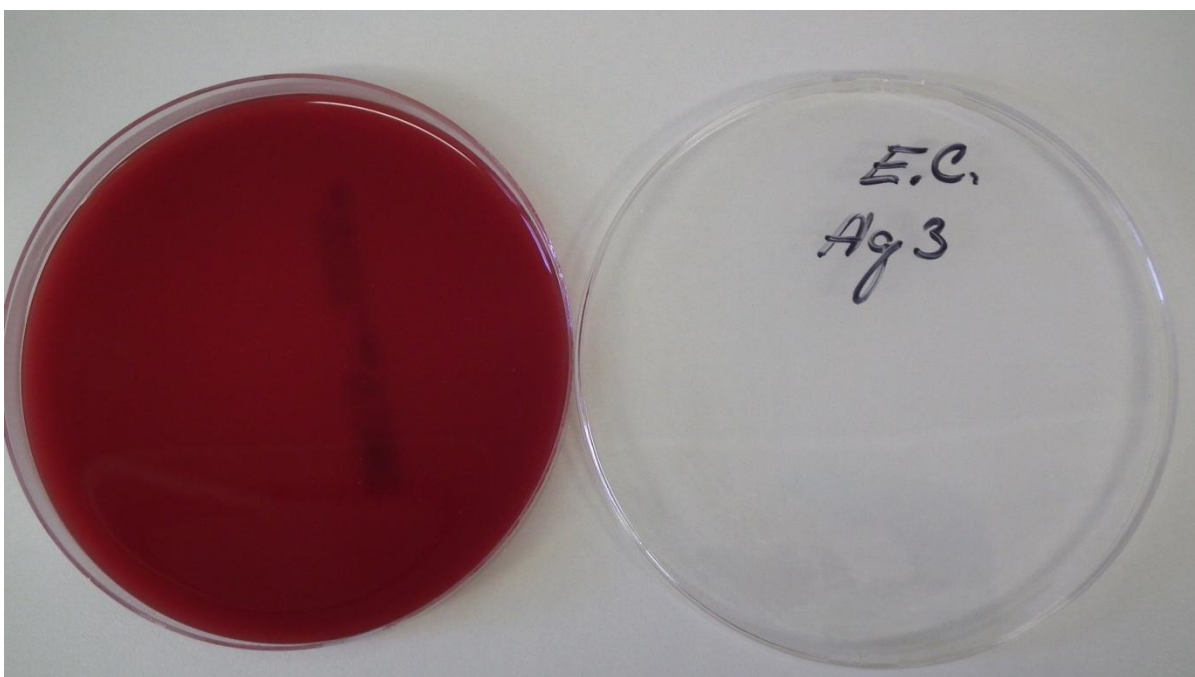
Obr. 16: Koloidní roztok stříbra s přidáním 0,005g NaOH, 0,5g Heptanolu, 0,5g Slovafolu Počet obnovených bakteriálních kolonií – 1..... **99,9% inhibice**



Obr. 1: Roztok dusičnanu stříbrného o koncentraci 5g/l. Počet obnovených bakteriálních kolonií – 3..... **99,7% inhibice**



Obr. 2: Roztok dusičnanu stříbrného o koncentraci 0,5g/l. Bez bakteriálních kolonií – **100% inhibice**



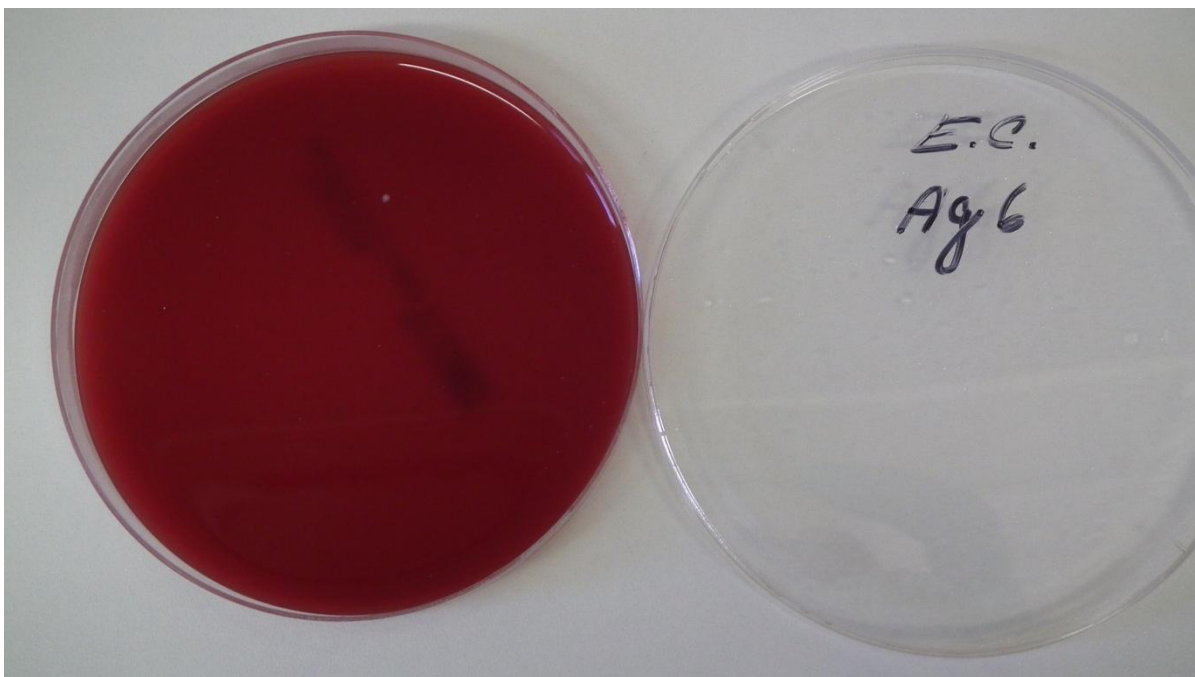
Obr. 3: Roztok dusičnanu stříbrného o koncentraci 0,05g/l. Bez bakteriálních kolonií – **100% inhibice**



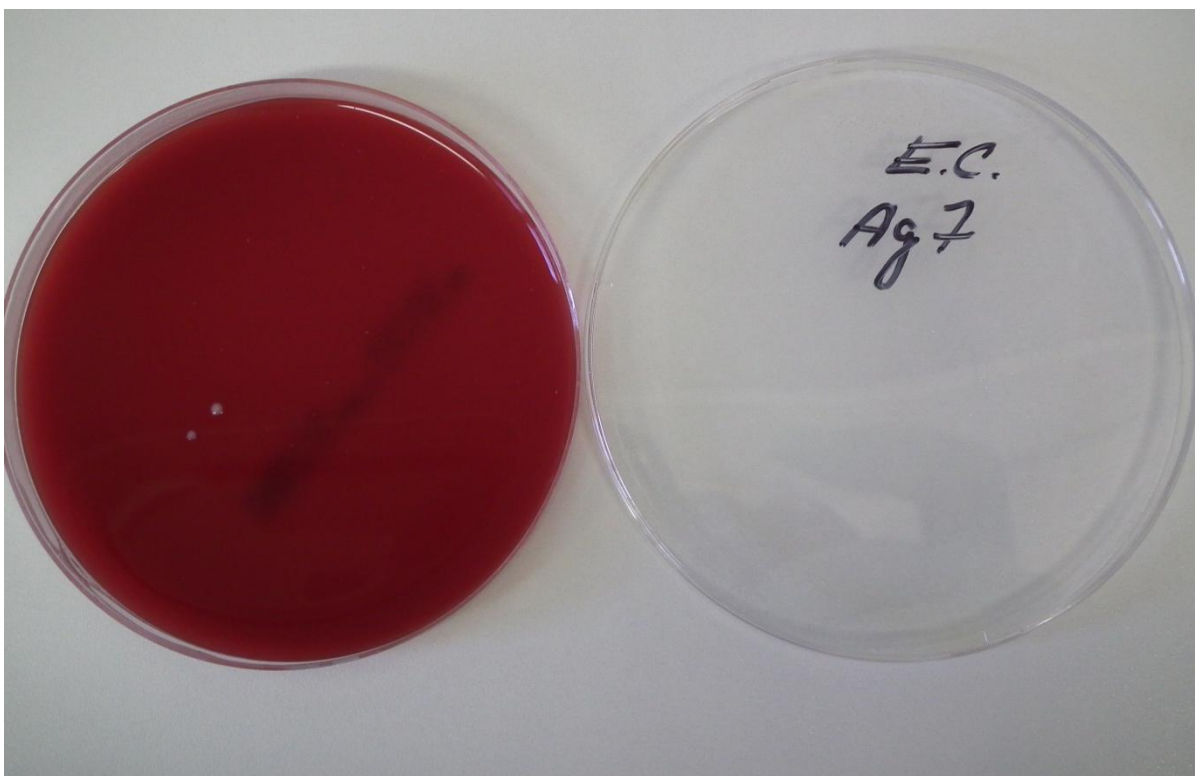
Obr. 4: Roztok dusičnanu stříbrného o koncentraci 0,0005g/l. Bez bakteriálních kolonií – **100% inhibice**



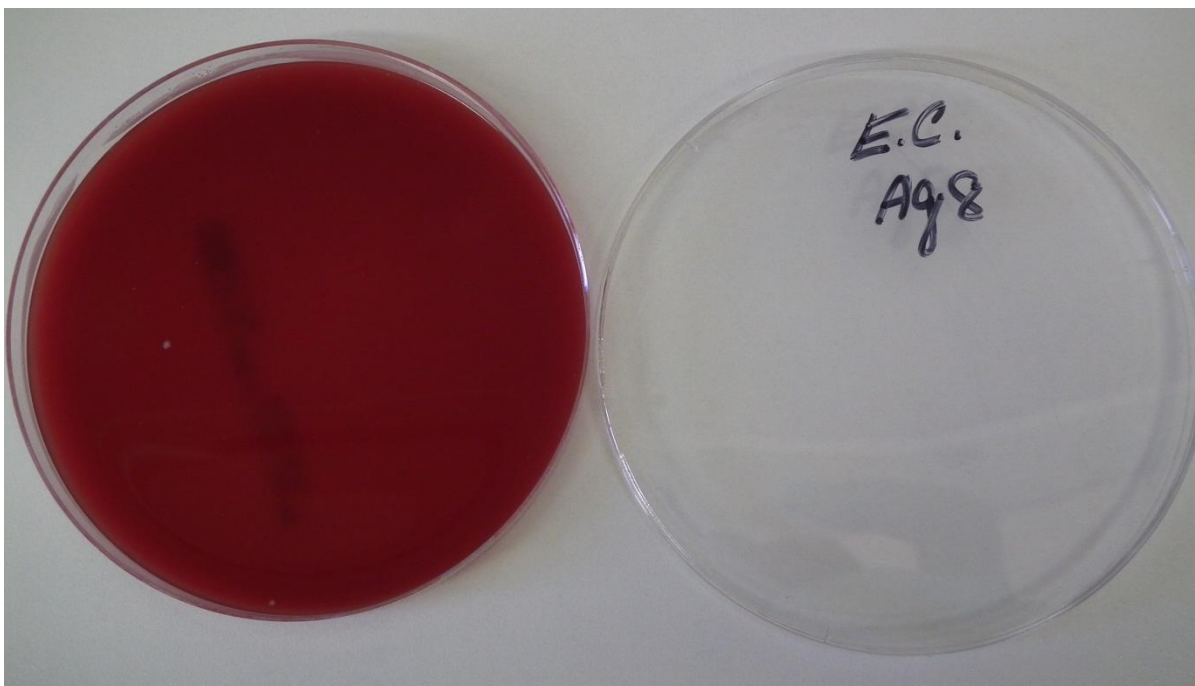
Obr. 5: Roztok dusičnanu stříbrného o koncentraci 0,0005g/l. Bez bakteriálních kolonií – **100% inhibice**



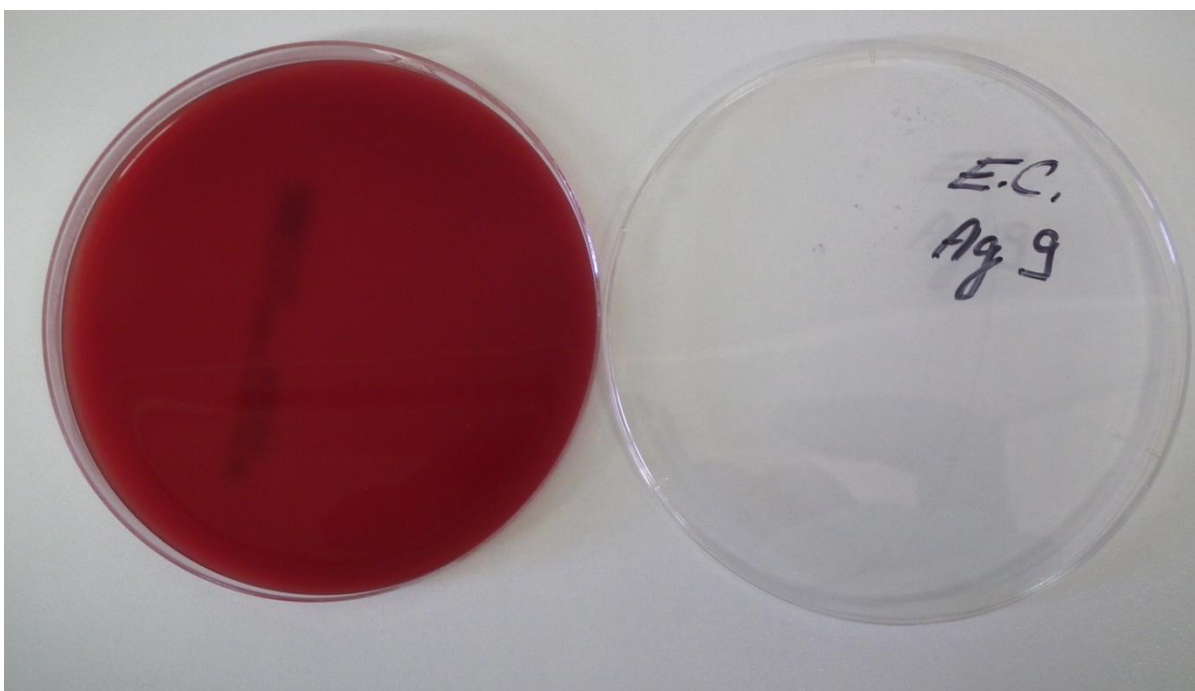
Obr. 6: Roztok dusičnanu stříbrného o koncentraci 0,00005g/l. Počet obnovených bakteriálních kolonií – 1 **99,9% inhibice**



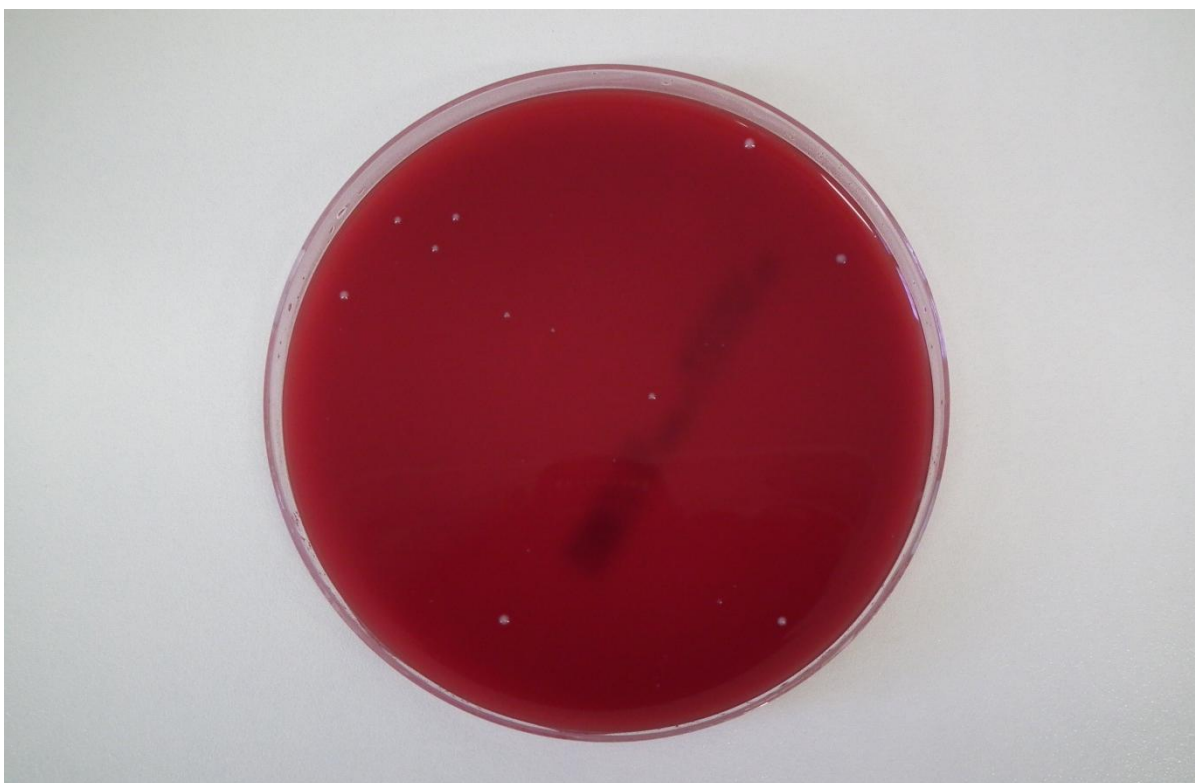
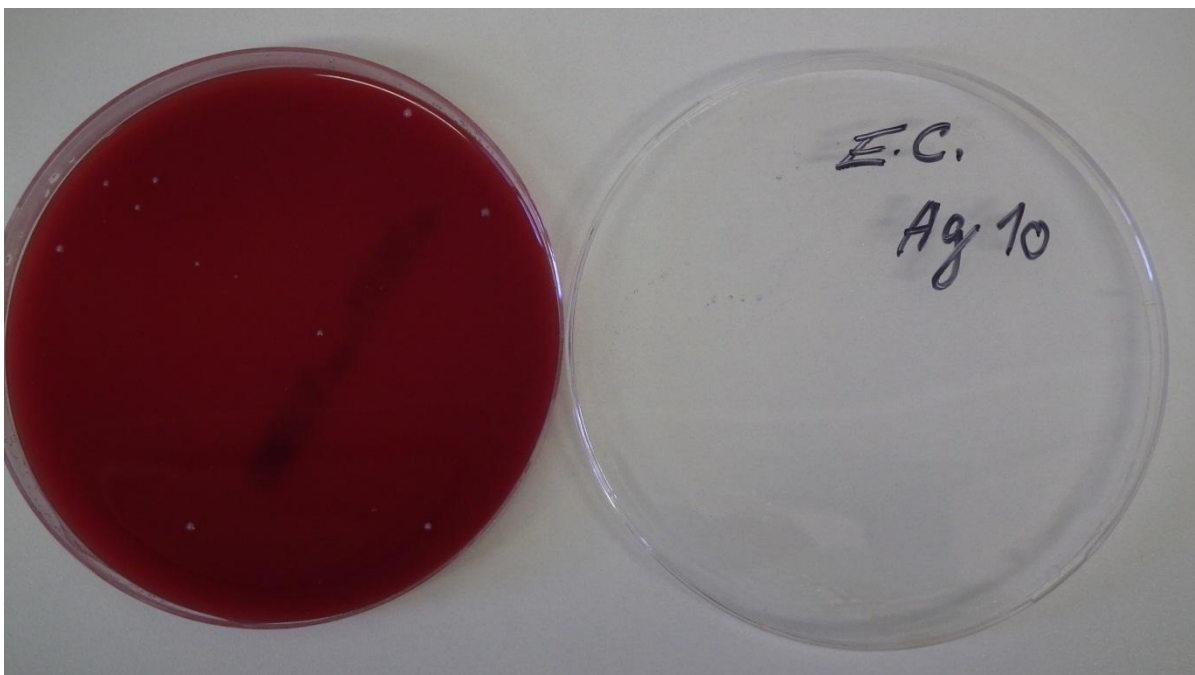
Obr. 7: Roztok dusičnanu stříbrného o koncentraci 0,000005g/l. Počet obnovených bakteriálních kolonií – 2 **99,8% inhibice**



Obr. 8: Roztok dusičnanu stříbrného o koncentraci 0,0000005g/l. Počet obnovených bakteriálních kolonií – 1 **99,9% inhibice**



Obr. 9: Roztok dusičnanu stříbrného o koncentraci 0,00000005g/l. Bez bakteriálních kolonií – **100% inhibice**



Obr. 10: Roztok dusičnanu stříbrného o koncentraci 0,000000005g/l. Počet obnovených bakteriálních kolonií – 12..... **98,8% inhibice.**

